



**TUGAS AKHIR - SS141501**

**PEMODELAN DAN PEMETAAN JUMLAH KASUS DEMAM  
BERDARAH *DENGUE* (DBD) DI KOTA SURABAYA  
DENGAN *GEOGRAPHICALLY WEIGHTED NEGATIVE  
BINOMIAL REGRESSION* (GWNBR) DAN *FLEXIBLY  
SHAPED SPATIAL SCAN STATISTIC***

URIFAH HIDAYANTI  
NRP 1313 105 021

Dosen Pembimbing  
Dr. I Nyoman Latra, MS  
Dr. Purhadi, M.Sc

Program Studi S1 Statistika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015



FINAL PROJECT - SS141501

# **MODELLING AND MAPPING OF THE NUMBER DENGUE HAEMORRHAGIC FEVER (DHF) CASES IN THE CITY OF SURABAYA WITH THE APPROACH GEOGRAPHICALLY WEIGHTED NEGATIVE BINOMIAL REGRESSION (GWNBR) AND FLEXIBLY SHAPED SPATIAL SCAN STATISTIC**

URIFAH HIDAYANTI  
NRP 1313 105 021

Supervisor  
Dr. I Nyoman Latra, MS  
Dr. Purhadi, M.Sc

Undergraduate Programme of Statistics  
Faculty of Mathematics and Natural Sciences  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2015



## LEMBAR PENGESAHAN

### PEMODELAN DAN PEMETAAN JUMLAH KASUS DEMAM BERDARAH *DENGUE* DI KOTA SURABAYA DENGAN *GEOGRAPHICALLY WEIGHTED NEGATIVE BINOMIAL REGRESSION* DAN *FLEXIBLY SHAPED SPATIAL SCAN STATISTIC*

### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
pada

Program Studi S-1 Jurusan Statistika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**URIFAH HIDAYANTI**

NRP. 1313 105 021

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Dr. I Nyoman Latra, MS

NIP. 19511130 197901 1 001

Dr. Purnadi, M.Sc

NIP. 19620204 198701 1 001

  
(.....)  
  
(.....)

Mengetahui  
Ketua Jurusan Statistika FMIPA-ITS

  
Dr. Muhammad Mashuri, MT

NIP. 19620408 198701 1 001

JURUSAN

SURABAYA, JULI 2015



**Pemodelan dan Pemetaan Jumlah Kasus Demam Berdarah  
Dengue (DBD) di Surabaya dengan *Geographically Weighted  
Negative Binomial Regression (GWNBR)* dan *Flexibly Shaped  
Spatial Scan Statistic***

Nama : Urifah Hidayanti  
NRP : 1313105021  
Jurusan : Statistika FMIPA-ITS  
Pembimbing : Dr. I Nyoman Latra, MS  
Co. Pembimbing : Dr. Purhadi, M.Sc

**Abstrak**

Menurut Laporan Profil Kesehatan Jawa Timur tahun 2013, angka kematian penderita DBD berada di atas target, yaitu mencapai 1,04 persen. Target Angka Bebas Jentik sebesar 95 persen, sedangkan realisasinya 86 persen. Dari 38 kabupaten atau kota yang ada di Jawa Timur, Surabaya merupakan kota dengan jumlah kasus DBD tertinggi. Untuk menanggulangi kasus DBD, maka perlu diketahui faktor-faktor yang mempengaruhinya. Dalam penelitian ini dilakukan pemodelan jumlah kasus DBD di Surabaya dengan menggunakan metode *Geographically Weighted Binomial Negative Regression (GWBNR)* dan *Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic* untuk mendeteksi kantong kasus DBD. Hasil penelitian dengan pembobot Bisquare Kernel diperoleh 12 kelompok yang dikelompokkan berdasarkan variabel yang signifikan dimana faktor yang mempengaruhi di semua kecamatan adalah kepadatan penduduk, rasio dokter umum, dan rasio Puskesmas. Hasil *Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic* menunjukkan bahwa terdapat tiga kantong DBD. Daerah paling rawan yaitu kecamatan Benowo yang memiliki nilai resiko relatif sebesar 2,340. Daerah rawan terdiri dari kecamatan Sukomanunggal, Tandes, Sambikerep, Genteng, Tegalsari, Tenggilis Mejoyo, Sawahan, Wonokromo, Karangpilang, Dukuh Pakis, Wiyung, Gayungan, Wonocolo, dan Jambangan dengan resiko relatif sebesar 1,688. Daerah terdiri dari kecamatan Simokerto, Gubeng, Tambaksari, Rungkut, Gunung Anyar, Sukolilo, dan Mulyorejo dengan nilai resiko relatif sebesar 1,308.

**Kata Kunci:** *DBD, GWNBR, Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic*

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# **Modeling and Mapping the Number of Dengue Hemorrhagic Fever (DHF) Cases in Surabaya Using Geographically Weighted Negative Binomial Regression (GWNBR) and Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic**

Name : Urifah Hidayanti  
NRP : 1313105021  
Department : Statistics FMIPA-ITS  
Supervisor : Dr. I Nyoman Latra, MS  
Co. Supervisor : Dr. Purhadi, M.Sc

## **Abstract**

*According to the Health Profile of East Java Report in 2013, the mortality rate of DHF patients are above the target, reaching 1.04 percent. The target of Larva Free Index are 95 percent, while the realization at 86 percent. Of the 38 regencies or cities in East Java, Surabaya is the city with the highest number of dengue cases. To overcome the risk of DHF, it's necessary to get the casual factors. This research focus on modeling the number of dengue cases in Surabaya using Negative Binomial Geographically Weighted Regression (GWNBR) and Flexible Shaped Spatial Scan Statistic to detect pockets of dengue cases. The result of research obtained by weighting Bisquare Kernel 12 groups grouped by the significant variables which factors affecting in all district are population density, the ratio of general practitioners, and the ratio of Puskesmas. The results of Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic shows that there are three pockets of dengue. The most vulnerable areas are districts Benowo which has a value relative risk of 2.340. Prone regions consist of districts Sukomanunggal, Tandes, Sambikerep, Genteng, Tegalsari, Tenggilis Mejoyo, Sawahan, Wonokromo, Karangpilang, Dukuh Pakis, Wiyung, Gayungan, Wonocolo, and Jambangan with a relative risk of 1.688. The districts which consists Simokerto, Gubeng, Tambaksari, Rungkut, Gunung Anyar, Sukolilo, and Mulyorejo have relative risk value of 1.308.*

**Keyword : DHF, GWNBR, Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## KATA PENGANTAR

**Assalamu'alaikum Warahmatullah Wabarokatuh.**

Puji syukur alhamdulillah senantiasa penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“Pemodelan dan Pemetaan Jumlah Kasus Demam Berdarah Dengue di Kota Surabaya dengan *Geographically Weighted Negative Binomial Regression* dan *Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic*”** dengan lancar dan tepat waktu.

Keberhasilan penyusunan Tugas Akhir ini tidak lepas dari partisipasi berbagai pihak yang telah banyak membantu. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak, Ibu dan adik Penulis atas do'a dan kasih sayang yang begitu besar sehingga memberikan penulis kekuatan dalam menjalani ini semua.
2. Bapak Dr. I Nyoman Latra, MS selaku dosen pembimbing serta Bapak Dr. Purihadi, M.Sc selaku co pembimbing dan dosen wali Penulis atas semua bimbingan, waktu, semangat dan perhatian yang telah diberikan sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
3. Bapak Dr. Sutikno, S.Si, M.Si dan Ibu Ir. Sri Pingit Wulandari, M.Si selaku tim penguji yang telah memberikan saran-saran membangun untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Muhammad Mashuri, MT selaku Ketua Jurusan Statistika ITS dan Ibu Dra. Lucia Aridinanti, MT selaku Ketua Prodi S1 Statistika yang telah memfasilitas penulis selama menuntut ilmu di Jurusan Statistika ITS.
5. Seluruh Dosen dan Karyawan Statistika ITS atas ilmu dan pengalaman yang dibagikan kepada penulis.
6. Moch. Yulie Kurniadi atas do'a dan kasih sayang yang begitu besar sehingga memberikan penulis kekuatan dalam menjalani ini semua.



7. Bapak Rindang, Wahendra, Ibu Helida yang telah menemani diskusi demi kelancaran Tugas Akhir penulis.
8. Ega, Tina, Nessa, Nia, Hanna, Fifi dan Erna sahabat seperjuangan
9. Teman-teman seperjuangan TA Lintas Jalur angkatan 2013 atas kebersamaan dalam menyelesaikan Tugas Akhir, dan semua rekan-rekan statistika angkatan 2010 atas segala motivasi, bantuan dan semangatnya.
10. Teman-teman Senior, adek-adek angkatan 2011 yang telah memberikan begitu banyak pengalaman di Statistika. Serta semua pihak yang telah banyak membantu penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga kebaikan dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis dibalas dengan kebaikan yang lebih oleh Allah SWT. Amin.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat baik bagi penulis, pembaca, dan semua pihak.

**Wassalamu'alaikum Warahmatullah Wabarokatuh.**

Surabaya, Juli 2015

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Regresi Poisson .....	7
2.1.1 Estimasi Parameter Model Regresi Poisson .....	8
2.1.2 Pengujian Parameter Model Regresi Poisson .....	10
2.1.3 Overdispersi.....	11
2.2 Regresi Binomial Negatif .....	11
2.2.1 Estimasi Parameter Model Regresi Binomial Negatif.....	12
2.2.2 Pengujian Parameter Model Regresi Binomial Negatif.....	15
2.3 Pengujian Spasial.....	16
2.3.1 Pengujian Heterogenitas Spasial .....	16
2.3.2 Pengujian Dependensi Spasial.....	17

2.4	<i>Geographically Weighted Negative Binomial Regression (GWNBR)</i> .....	18
2.4.1	Estimasi Parameter GWNBR .....	20
2.4.2	Pengujian Hipotesis Model GWNBR .....	25
2.5	Uji Korelasi dan Multikolinieritas.....	27
2.5.1	Uji Korelasi .....	27
2.5.2	Multikolinieritas .....	28
2.6	<i>Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic</i> .....	30
2.6.1	<i>Likelihood Ratio Test</i> dan Pengujian Hipotesis <i>Monte Carlo</i> .....	31
2.7	Demam Berdarah <i>Dengue</i> .....	33

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1	Sumber Data.....	35
3.2	Variabel Penelitian.....	36
3.3	Langkah Analisis Data .....	38

### **BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

4.1	Deskriptif Jumlah Kasus Demam Berdarah <i>Dengue</i> di Kota Surabaya .....	41
4.1.1	Jumlah Kasus Demam Berdarah <i>Dengue</i> .....	41
4.1.2	Persentase Rumah/Bangunan Bebas Jentik Nyamuk Aedes.....	43
4.1.3	Persentase Rumah Tangga Miskin.....	44
4.1.4	Persentase Rumah Tangga ber-PHBS.....	45
4.1.5	Kepadatan Penduduk .....	46
4.1.6	Persentase Rumah Sehat .....	47
4.1.7	Rasio Dokter Umum .....	48
4.1.8	Persentase Rumah Tangga yang Memiliki Tempat Sampah Sehat.....	49
4.1.9	Rasio Puskesmas.....	50
4.2	Pemodelan Jumlah Kasus DBD di Surabaya Tahun 2013 .....	51
4.2.1	Pemeriksaan Multikolinieritas .....	51

4.2.2	Perbandingan Model Regresi Poisson dan Binomial Negatif .....	52
4.2.3	Pemodelan Jumlah Kasus DBD di Surabaya Tahun 2013 menggunakan Metode GWNBR .....	55
4.2.3.1	Pengujian Signifikansi Model GWNBR .....	57
4.3	Pemilihan Model Terbaik.....	62
4.4	Pendeteksian Kantong DBD Menggunakan <i>Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic</i> .....	63

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1	Kesimpulan.....	67
5.2	Saran .....	68

## **DAFTAR PUSTAKA LAMPIRAN**





*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Variabel Penelitian.....	36
Tabel 4.1 Koefisien Korelasi antar Variabel Prediktor.....	51
Tabel 4.2 Nilai VIF dari Variabel Prediktor .....	52
Tabel 4.3 Penaksiran Parameter Model Regresi Poisson.....	52
Tabel 4.4 Penaksiran Parameter Model regresi Binomial Negatif .....	54
Tabel 4.5 Variabel yang Signifikan di Tiap Kecamatan di Surabaya .....	58
Tabel 4.6 Pengelompokkan Kecamatan Berdasarkan Variabel Yang Signifikan dalam Model GWNBR .	59
Tabel 4.7 Pengujian Parameter Model GWNBR di Kec. Rungkut.....	61
Tabel 4.8 Pemilihan Model Terbaik .....	62
Tabel 4.8 Hasil Deteksi Kantong DBD di Surabaya.....	63



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1 Peta Kota Surabaya.....	35
Gambar 4.1 Persebaran DBD di Surabaya .....	42
Gambar 4.2 Persebaran Persentase Rumah/Bangunan Bebas Jentik Nyamuk Aedes .....	43
Gambar 4.3 Persebaran Persentase Rumah Tangga Miskin ...	44
Gambar 4.4 Persebaran Persentase Rumah Tangga ber- PHBS .....	45
Gambar 4.5 Persebaran Kepadatan Penduduk.....	46
Gambar 4.6 Persebaran Persentase Rumah Sehat .....	47
Gambar 4.7 Rasio Dokter Umum per 2.500 Penduduk.....	48
Gambar 4.8 Persebaran Persentase Rumah Tangga yang Memiliki Tempat Sampah Sehat .....	49
Gambar 4.9 Rasio Puskesmas per 30.000 Penduduk .....	50
Gambar 4.10 Peta Pengelompokkan Kecamatan berdasarkan Variabel yang Signifikan .....	60
Gambar 4.11 Peta Hasil Deteksi Kantong DBD di Surabaya ..	64

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Penyakit Demam Berdarah *Dengue* (DBD) atau *Dengue Haemorrhagic Fever* (DHF) merupakan salah satu penyakit yang sampai saat ini masih menjadi masalah kesehatan masyarakat karena perjalanan penyakitnya cepat dan dapat menyebabkan kematian dalam waktu singkat. Penyakit ini disebabkan oleh virus *Dengue* yang penularannya melalui gigitan nyamuk *Aedes aegypti* betina. Nyamuk ini mempunyai kebiasaan menggigit pada saat pagi dan sore hari. Tempat berkembang biaknya di tempat penampungan air yang bersih (DinKes Surabaya, 2013).

Menurut DinKes Jatim 2013, Angka kematian atau *Case Fatality Rate* penderita Demam Berdarah *Dengue* berada di atas target, yakni mencapai 1,04 persen. Ini menunjukkan bahwa perlu peningkatan diagnose dini dan tata laksana kasus DBD di rumah sakit serta sosialisasi tentang penyakit DBD perlu ditingkatkan. Target Angka Bebas Jentik tahun 2013 sebesar 95 persen, sedangkan realisasinya hanya 86 persen. Ini menunjukkan bahwa di sekitar rumah penduduk masih banyak ditemukan vektor penular DBD, sehingga penularan DBD masih terus saja terjadi. Kota Surabaya merupakan kota dengan jumlah kasus Demam Berdarah *Dengue* (DBD) tertinggi di Jawa Timur. Jumlah kasus Demam Berdarah *Dengue* (DBD) tahun 2013 mengalami peningkatan lebih dari dua kali lipat dari tahun 2012 yaitu dari 1091 kasus menjadi 2.207 kasus. Sedangkan kasus meninggal pada pasien DBD sebanyak 19 orang (DinKes Surabaya, 2013).

Sartika (2012) mengenai regresi binomial negatif sebagai model alternatif untuk menghindari masalah *overdispersion* pada regresi poisson dengan studi kasus penderita DBD Kota Bogor tahun 2008 menunjukkan bahwa faktor yang mempengaruhi jumlah penderita DBD adalah jumlah penduduk dan jumlah curah hujan per hari. Menurut Fadhilah (2012) mengenai faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi jumlah penderita Demam



Berdarah *Dengue* Kota Bogor tahun 2011 dengan pendekatan regresi poisson, regresi binomial negatif dan regresi poisson terampat menunjukkan bahwa jumlah kejadian banjir dan jumlah fasilitas kesehatan merupakan faktor yang mempengaruhi jumlah penderita DBD. Mubarak (2012) mengenai analisis regresi spline multivariabel untuk pemodelan kematian penderita Demam Berdarah *Dengue* (DBD) di Jawa Timur menunjukkan bahwa faktor yang mempengaruhi persentase kematian penderita DBD adalah persentase sarana kesehatan, persentase tenaga kesehatan, rata-rata usia perkawinan pertama, persentase daerah berstatus desa, rata-rata lama pemberian ASI Eksklusif, persentase penduduk miskin, rata-rata curah hujan, persentase penduduk wanita dibanding total, rata-rata lama sekolah penduduk umur 15 tahun ke atas, dan angka bebas jentik.

Jumlah kasus Demam Berdarah *Dengue* (DBD) merupakan salah satu contoh data *count*, sehingga analisis yang dapat digunakan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi adalah regresi Poisson. Asumsi yang harus dipenuhi dalam regresi Poisson adalah *varians* dari variabel responnya sama dengan *mean*. Akan tetapi, dalam kenyataannya hal tersebut jarang terjadi karena biasanya data *count* mempunyai *varians* yang lebih besar dari *mean*, atau yang biasa disebut kondisi overdispersi (Cameron dan Trivedi, 1998). Overdispersi dapat mengakibatkan *standard error* dari taksiran parameter regresi yang dihasilkan memiliki kecenderungan yang lebih rendah dari yang seharusnya, sehingga kesimpulan yang dihasilkan menjadi tidak tepat (Ismail dan Jemain, 2007).

Salah satu metode yang digunakan dalam mengatasi overdispersi dalam regresi Poisson adalah regresi Binomial Negatif. Kelebihan model binomial negatif dibandingkan model poisson adalah lebih fleksibel karena asumsi *mean* dan *varians* tidak harus sama. Dengan memperhatikan aspek spasial (wilayah) maka digunakan metode *Geographically Weighted Negative Binomial Regression*. Pemodelan dengan memperhatikan faktor spasial (wilayah) menggunakan *Geographically Weighted*

*Negative Binomial Regression* (GWNBR), dimana setiap wilayah pasti memiliki kondisi geografis yang berbeda sehingga menyebabkan adanya perbedaan jumlah kasus DBD antara wilayah satu dengan wilayah yang lainnya sesuai dengan karakteristik wilayah tersebut dikaitkan dengan kondisi lingkungan dalam rumah tangga penduduk. Penelitian metode GWNBR yang telah dilakukan diantaranya Nandasari (2014), menggunakan metode GWNBR untuk memodelkan jumlah kejadian luar biasa difteri di Jawa Timur dan Evadianti (2014), menggunakan metode GWNBR untuk memodelkan jumlah kematian ibu di Jawa Timur.

Kasus Demam Berdarah *Dengue* (DBD) harus segera ditanggulangi sedini mungkin. Salah satu strategi penanggulangan DBD adalah dengan cara memetakan daerah yang merupakan kantong-kantong DBD atau *hotspot*. Salah satu metode yang digunakan untuk mendeteksi *hotspot* yaitu *Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic*. Penelitian sebelumnya yang telah menggunakan metode *Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic* adalah Nurcahayani (2014) tentang kantong kemiskinan di Kabupaten Kulonprogo.

Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi faktor yang mempengaruhi kejadian DBD di Kota Surabaya dengan metode GWNBR, dan informasi mengenai lokasi atau kantong-kantong keberadaan DBD dengan *Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic*, sehingga upaya pencegahan dan penanggulangan DBD dapat tepat sasaran dan berlangsung secara efektif dan efisien.

## 1.2 Rumusan Masalah

Jumlah kasus DBD merupakan data *count* sehingga analisis yang dapat digunakan untuk mengetahui faktor yang berpengaruh adalah dengan menggunakan regresi Poisson. Asumsi yang harus dipenuhi adalah nilai *varians* pada variabel respon yang sama dengan nilai *mean*. Akan tetapi, pada kenyataannya seringkali terjadi kasus overdispersi atau nilai *varians* yang lebih besar dibandingkan nilai *mean* sehingga perlu diatasi menggunakan

regresi Binomial Negatif (Cameron dan Trivedi, 1998). Dengan memperhatikan aspek spasial (wilayah) maka digunakan metode *Geographically Weighted Negative Binomial Regression* untuk mendapatkan pemodelan jumlah kasus DBD di Kota Surabaya tahun 2013. Kasus DBD harus segera mungkin ditanggulangi, salah satu strategi penanggulangan kasus DBD tingkat kecamatan yaitu dengan memetakan daerah yang merupakan kantong-kantong DBD atau *hotspot* DBD menggunakan *Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic* dengan mempertimbangkan titik lokasi kecamatan yang ada di Surabaya.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut maka tujuan dari penelitian ini adalah berikut.

1. Memodelkan GWNBR untuk jumlah kasus Demam Berdarah *Dengue* di Kota Surabaya tahun 2013.
2. Memetakan *Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic* untuk mendeteksi kantong DBD tingkat kecamatan di Kota Surabaya.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini antara lain sebagai berikut.

1. Mengembangkan wawasan dan pengetahuan terkait metode *Geographically Weighted Negative Binomial Regression* (GWNBR) sebagai aplikasi khususnya di bidang kesehatan.
2. Memberikan gambaran tentang penyakit DBD di Kota Surabaya dan faktor-faktor apa saja yang berpengaruh terhadap penyakit DBD sebagai informasi pengambilan kebijakan bagi tiap-tiap kecamatan di Kota Surabaya untuk program pencegahan dan penanggulangan DBD di masa depan. Selain itu, informasi yang diperoleh didukung dengan adanya peta lokasi kantong DBD.

### **1.5 Batasan Masalah**

Penelitian ini menggunakan data jumlah kasus Demam Berdarah *Dengue* di Kota Surabaya tahun 2013. Penelitian ini menggunakan pembobot fungsi kernel *adaptive bisquare* dan tidak bertujuan untuk membandingkan model dengan pembobot yang berbeda. Pembentukan kantong DBD dengan metode *Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic*.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Regresi Poisson

Distribusi poisson merupakan bentuk distribusi untuk peristiwa yang probabilitas kejadiannya sangat kecil dan bergantung pada interval waktu tertentu dengan hasil pengamatan berupa variabel diskrit. Fungsi distribusi Poisson dapat ditulis dalam bentuk umum  $Y \sim \text{Poisson}(\mu)$  yang berarti bahwa  $Y$  merupakan variabel random berdistribusi Poisson dengan parameter  $\mu$  dimana fungsi distribusinya adalah sebagai berikut (Myers, 1990) :

$$f(y; \mu) = \frac{e^{-\mu} \mu^y}{y!}, y = 0, 1, 2, \dots \quad (2.1)$$

dengan  $\mu$  merupakan rata rata variabel random  $Y$  yang berdistribusi poisson di mana nilai rata-rata dan varians dari  $Y$  mempunyai nilai lebih dari nol. Regresi Poisson adalah salah satu regresi yang dapat menggambarkan hubungan antara variabel respon ( $y$ ) dimana variabel respon berdistribusi Poisson dengan variabel bebas ( $x$ ). Regresi Poisson merupakan suatu bentuk analisis regresi yang digunakan untuk memodelkan data yang berbentuk *count* (jumlah), misalnya data tersebut dilambangkan dengan  $Y$  yaitu banyaknya kejadian yang terjadi dalam suatu periode waktu dan/atau wilayah tertentu.

Regresi Poisson merupakan GLM (*Generalized Linear Model*) karena terdapat 3 komponen GLM dalam regresi poisson yaitu komponen random, komponen sistematik, dan *link function* (Agresti, 2002). Komponen random merupakan variabel respon yaitu variabel  $y$  yang merupakan vektor yang terdiri dari  $[y_1, y_2, \dots, y_n]^T$ . Komponen sistematik yaitu vector  $\boldsymbol{\eta}$  yang terdiri dari  $[\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n]^T$  menghubungkan dengan variabel  $X$ , sehingga bentuk umum dari  $\boldsymbol{\eta} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta}$  di mana  $\mathbf{X}$  merupakan suatu matriks dengan elemen yang terdiri variabel prediktor, sedangkan  $\boldsymbol{\beta}$  merupakan bentuk vektor dari parameter-parameter model. Masing-masing dari elemen  $\boldsymbol{\eta}$  dapat dinyatakan

dengan  $\eta_i = \sum_{k=0}^p \beta_k x_{ik}$  merupakan kombinasi linier dari variabel prediktor.

Komponen yang ketiga yaitu *link function* yang menghubungkan antara komponen random dan komponen sistematis. Dimisalkan  $\mu_i = E(Y_i)$  di mana  $i=1,2,\dots,n$ . Model untuk menghubungkan  $\mu_i$  dengan  $\eta_i$  oleh  $g(\mu_i) = \eta_i$ , di mana  $g(\cdot)$  adalah fungsi yang diturunkan. Sehingga  $g(\cdot)$  menghubungkan  $E(Y_i)$  dengan variabel prediktor, dan diformulasikan sebagai berikut:

$$g(\mu_i) = \sum_{k=0}^p \beta_k x_{ik} = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_p x_{ip} \quad (2.2)$$

*Link function* yang digunakan dalam regresi poisson adalah  $\ln$ , sehingga  $\ln(\mu_i) = \eta_i$ . Dengan demikian regresi poisson dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\ln(\mu_i) = \beta_0 + \sum_{k=1}^p \beta_k x_{ik} \quad i = 1, 2, \dots, n$$

dimana:

$$\mu_i = \mu_i(\mathbf{x}_i) = \exp(\beta_0 + \sum_{k=1}^p \beta_k x_{ik}) \quad (2.3)$$

### 2.1.1 Estimasi Parameter Model Regresi Poisson

Estimasi parameter model regresi poisson menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE) dengan cara memaksimalkan fungsi *likelihood*. Fungsi Likelihood dari regresi poisson adalah:

$$\begin{aligned} \ln L(\boldsymbol{\beta}) &= \ln \left( \prod_{i=1}^n \frac{\exp[-\mu_i] \mu_i^{y_i}}{y_i!} \right) \\ &= \sum_{i=1}^n \ln \left( \frac{\exp[-\mu_i] \mu_i^{y_i}}{y_i!} \right) \\ &= \sum_{i=1}^n (\ln(e^{-\mu_i}) + \ln(\mu_i^{y_i}) - \ln(y_i!)) \\ &= \sum_{i=1}^n (-\mu_i + y_i \ln(\mu_i) - \ln(y_i!)) \\ &= \sum_{i=1}^n \left( -e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}} + y_i \ln e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}} - \ln(y_i!) \right) \\ &= -\sum_{i=1}^n e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}} + \sum_{i=1}^n y_i \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta} - \sum_{i=1}^n \ln(y_i!) \quad (2.4) \end{aligned}$$

Estimasi maksimum Likelihood untuk parameter  $\beta_k$  dinyatakan dengan  $\hat{\beta}_k$  yang merupakan penyelesaian dari turunan pertama fungsi logaritma natural dari likelihood. Selanjutnya persamaan (2.4) diturunkan terhadap  $\boldsymbol{\beta}^T$  dan disamakan dengan

nol dan dapat diselesaikan dengan metode numerik Newton Raphson sebagai berikut:

$$\frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \boldsymbol{\beta}^T} = -\sum_{i=1}^n \mathbf{x}_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}) + \sum_{i=1}^n y_i \mathbf{x}_i \quad (2.5)$$

Berikut ini merupakan langkah-langkah dalam estimasi parameter model regresi poisson (Cameron & Trivedi, 1998):

1. Menentukan nilai estimasi awal parameter  $\boldsymbol{\beta}$ , misal

$$\hat{\boldsymbol{\beta}}_{(0)}, \hat{\boldsymbol{\beta}}_{(0)} = (\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{Y}$$

2. Membentuk vektor gradien g,

$$\mathbf{g}_{(p+1) \times 1}^T = \left[ \frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \beta_0}, \frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \beta_1}, \dots, \frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \beta_p} \right]_{\boldsymbol{\beta} = \hat{\boldsymbol{\beta}}_{(m)}}$$

$p$  adalah jumlah parameter yang diestimasi

3. Membentuk matriks Hessian H:

$$\mathbf{H}(\boldsymbol{\beta}_{(m)})_{(p+1)(p+1)} = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 \ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \beta_0^2} & \frac{\partial^2 \ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \beta_0 \partial \beta_1} & \dots & \frac{\partial^2 \ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \beta_0 \partial \beta_p} \\ & \frac{\partial^2 \ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \beta_1^2} & \dots & \frac{\partial^2 \ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \beta_1 \partial \beta_p} \\ & & \ddots & \vdots \\ \text{simetris} & & & \frac{\partial^2 \ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \beta_p^2} \end{bmatrix}_{\boldsymbol{\beta} = \hat{\boldsymbol{\beta}}_{(m)}}$$

4. Mulai dari  $m = 0$  dilakukan iterasi pada persamaan :

$$\hat{\boldsymbol{\beta}}_{(m+1)} = \hat{\boldsymbol{\beta}}_{(m)} - \mathbf{H}_{(m)}^{-1} \mathbf{g}_{(m)}$$

Nilai  $\hat{\boldsymbol{\beta}}_{(m)}$  merupakan sekumpulan penaksir parameter yang konvergen pada iterasi ke- $m$ .

5. Jika belum didapatkan penaksir parameter yang konvergen, maka dilanjutkan kembali langkah 5 hingga iterasi ke  $m = m + 1$ . Iterasi berhenti pada keadaan konvergen yaitu pada saat  $\|(\boldsymbol{\beta}_{(m+1)}) - \boldsymbol{\beta}_{(m)}\| \leq \varepsilon$ , dimana  $\varepsilon$  merupakan bilangan yang sangat kecil sekali.

### 2.1.2 Pengujian Parameter Model Regresi Poisson

Pengujian parameter model regresi poisson bertujuan untuk menguji apakah parameter model memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel respon (y) dengan hipotesis sebagai berikut:

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_p = 0$$

$$H_1 : \text{paling sedikit ada satu } \beta_k \neq 0, \quad k = 1, 2, \dots, p$$

Dengan statistik uji sebagai berikut:

$$D(\hat{\beta}) = -2 \ln \Delta = -2 \ln \left( \frac{L(\hat{\omega})}{L(\hat{\Omega})} \right) \quad (2.6)$$

Dimana  $D(\hat{\beta})$  adalah nilai devians model regresi poisson dan  $L(\hat{\omega})$  merupakan suatu fungsi *likelihood* untuk model sederhana tanpa melibatkan variabel prediktor, sedangkan  $L(\hat{\Omega})$  merupakan suatu fungsi *likelihood* untuk model yang lengkap yang melibatkan variabel prediktor.

Diketahui daerah penolakan adalah Tolak  $H_0$  jika nilai  $D(\hat{\beta}) > \chi^2_{(\alpha; p)}$  yang artinya paling sedikit ada satu variabel yang memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel respon (y). Semakin kecil nilai  $D(\hat{\beta})$  maka semakin kecil pula tingkat kesalahan yang dihasilkan model berarti model yang dihasilkan semakin tepat.

Setelah dilakukan pengujian serentak, dilanjutkan dengan pengujian parsial untuk mengetahui parameter mana saja yang memberikan pengaruh signifikan pada model dengan hipotesis sebagai berikut:

$$H_0 : \beta_k = 0$$

$$H_1 : \beta_k \neq 0$$

Dengan statistik uji sebagai berikut:

$$Z_{hit} = \frac{\hat{\beta}_k}{se(\hat{\beta}_k)} \quad (2.7)$$

$se(\hat{\beta}_k)$  didapatkan dari elemen diagonal ke (k+1) dari  $var(\hat{\beta})$  dengan  $var(\hat{\beta}) = -E(\mathbf{H}^{-1}(\hat{\beta}))$ . Diketahui Daerah penolakan adalah Tolak  $H_0$  jika nilai dari  $|Z_{hit}| > Z_{\alpha/2}$  artinya variabel  $k$  memberikan pengaruh yang signifikan pada variabel respon.

### 2.1.3 Overdispersi

Overdispersi dalam regresi poisson terjadi apabila nilai varians data lebih besar daripada nilai meannya. Jika dalam regresi poisson terdapat kasus overdispersi, namun tetap menggunakan regresi poisson maka akan menyebabkan estimasi dari parameter koefisien regresinya tetap konsisten namun tidak efisien. Hal ini akan berdampak pada nilai standar error yang menjadi *underestimate*, sehingga tidak valid. Overdispersi (McCullagh & Nelder, 1989) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Var(Y) > E(Y) \quad (2.8)$$

Overdispersi dapat dideteksi dengan nilai dispersi pearson Chi-square dan devians yang dibagi dengan derajat bebasnya. jika hasil pembagian kedua nilai tersebut lebih besar dari 1, maka dapat dikatakan terjadi overdispersi pada data. Overdispersi dapat terjadi apabila ada pengamatan missing pada peubah penjelas, adanya pencilan data, perlunya interaksi dalam model, peubah penjelas perlu ditransformasi atau kesalahan spesifikasi link. Jika pada regresi poisson terjadi overdispersi, maka salah satu alternatif yang dapat digunakan adalah regresi binomial negatif (Hardin & Hilbe, 2007).

## 2.2 Regresi Binomial Negatif

Sebagai penerapan dari GLM, maka distribusi binomial negatif memiliki tiga komponen yaitu komponen random, komponen sistematik dan fungsi link (Greene, 2008). Pada regresi binomial negatif yang dihasilkan dari distribusi *mixture* Poisson-Gamma. Untuk membentuk suatu model regresi pada distribusi *mixture* Poisson-Gamma dinyatakan dalam bentuk  $\mu = \alpha\beta$  dan  $\theta = \frac{1}{\alpha}$  sehingga diperoleh mean dan varians dalam bentuk:

$$E(Y) = \mu \text{ dan } V[Y] = \mu + \theta\mu^2$$

dengan fungsi massa peluang binomial negatif:

$$f(y, \mu, \theta) = \frac{\Gamma(y+1/\theta)}{\Gamma(1/\theta)y!} \left( \frac{1}{1+\theta\mu} \right)^{1/\theta} \left( \frac{\theta\mu}{1+\theta\mu} \right)^y \quad (2.9)$$

Saat  $\theta = 0$  maka distribusi binomial negatif memiliki varians  $V[Y] = \mu$ . Distribusi binomial negatif akan mendekati suatu distribusi poisson yang mengasumsikan mean dan varians sama yaitu  $E[Y] = V[Y] = \mu$ . Fungsi distribusi keluarga eksponensial dari distribusi binomial negatif (Greene, 2008) adalah:

$$f(y, \mu, \theta) = \exp \left\{ y \ln \left( \frac{\theta \mu}{1 + \theta \mu} \right) + \frac{1}{\theta} \ln \left( \frac{1}{1 + \theta \mu} \right) + \ln \left( \frac{\Gamma(y+1/\theta)}{\Gamma(1/\theta)^y} \right) \right\} \quad (2.10)$$

Kontribusi variabel prediktor dalam model regresi binomial negatif dinyatakan dalam bentuk kombinasi linier antara parameter ( $\eta$ ) dengan parameter regresi yang akan diestimasi yaitu:

$$\eta_i = \beta_0 + \sum_{k=1}^p \beta_k x_{ik} \quad (2.11)$$

Atau dalam matriks dituliskan dalam bentuk

$$\boldsymbol{\eta} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} \quad (2.12)$$

dengan  $\boldsymbol{\eta}$  adalah vektor ( $n \times 1$ ) dari observasi,  $\mathbf{X}$  adalah matriks ( $n \times c$ ) dari variabel prediktor,  $\boldsymbol{\beta}$  adalah matriks ( $c \times 1$ ) dari koefisien regresi dengan  $c = p+1$ . Nilai ekspektasi dari variabel respon  $Y$  adalah diskrit dan bernilai positif. Maka untuk mentransformasikan nilai  $\eta_i$  (bilangan riil) ke rentang yang sesuai dengan rentang pada respon  $Y$  yang diperlukan suatu fungsi link  $g(\cdot)$  (Greene, 2008) yaitu:

$$g(\mu_i) = \ln \mu_i = \mathbf{X}_i^T \boldsymbol{\beta} \quad (2.13)$$

### 2.2.1 Estimasi Parameter Model Regresi Binomial Negatif

Estimasi parameter dari regresi binomial negatif digunakan metode maksimum *likelihood* dengan prosedur Newton Raphson. Metode ini membutuhkan turunan pertama dan kedua dari fungsi *likelihood*.  $Y_i$  mempunyai fungsi massa probabilitas distribusi binomial negatif sebagai berikut ini:

$$f(y_i | \mu_i, \theta) = \frac{\Gamma(y_i+1/\theta)}{\Gamma(1/\theta)\Gamma(y_i+1)} \left( \frac{1}{1+\theta\mu_i} \right)^{1/\theta} \left( \frac{\theta\mu_i}{1+\theta\mu_i} \right)^{y_i}; y_i = 0, 1, 2, \dots \quad (2.14)$$

Karena fungsinya saling bebas, maka fungsi *log-likelihood* adalah:

$$L(\boldsymbol{\beta}, \theta) = \prod_{i=1}^n \frac{\Gamma(y_i + 1/\theta)}{\Gamma(1/\theta)\Gamma(y_i + 1)} \left( \frac{1}{1 + \theta\mu_i} \right)^{1/\theta} \left( \frac{\theta\mu_i}{1 + \theta\mu_i} \right)^{y_i}$$

$$\text{Dengan } \frac{\Gamma(y_i + 1/\theta)}{\Gamma(1/\theta)} = \prod_{r=1}^{y_i-1} (r + \theta^{-1})$$

$$L(\boldsymbol{\beta}, \theta) = \prod_{i=1}^n (\prod_{r=1}^{y_i-1} (r + \theta^{-1})) \frac{1}{(y_i!)} \left( \frac{1}{1 + \theta\mu_i} \right)^{1/\theta} \left( \frac{\theta\mu_i}{1 + \theta\mu_i} \right)^{y_i}$$

$$\begin{aligned} L(\boldsymbol{\beta}, \theta) &= \ln\{L(\boldsymbol{\beta}, \theta)\} \\ &= \sum_{i=1}^n [(\sum_{r=1}^{y_i-1} \ln(r + \theta^{-1})) - \ln(y_i!) + y_i \ln(\theta\mu_i) - \\ &\quad (\theta^{-1} + y_i) \ln(1 + \theta\mu_i)] \end{aligned}$$

Turunan pertama dari fungsi *log-likelihood* terhadap koefisien  $\boldsymbol{\beta}$  adalah:

$$\frac{\partial L(\boldsymbol{\beta}, \theta)}{\partial \beta_0} = \sum_{i=1}^n \left[ y_i - (y_i + \theta^{-1}) \left( \frac{\theta\mu_i}{1 + \theta\mu_i} \right) \right] = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{y_i - \mu_i}{1 + \theta\mu_i} \right] = 0$$

$\vdots$

$$\begin{aligned} \frac{\partial L(\boldsymbol{\beta}, \theta)}{\partial \beta_p} &= \sum_{i=1}^n \left[ y_i x_{ip} - (y_i + \theta^{-1}) \left( \frac{\theta\mu_i x_{ip}}{1 + \theta\mu_i} \right) \right] \\ &= \sum_{i=1}^n \left[ \frac{(y_i - \mu_i) x_{ip}}{1 + \theta\mu_i} \right] \\ &= \sum_{i=1}^n \left[ \frac{\mu_i}{1 + \theta\mu_i} \frac{(y_i - \mu_i) x_{ip}}{\mu_i} \right] = 0 \end{aligned}$$

Bentuk persamaan matriks dari turunan pertama fungsi *log-likelihood* terhadap parameter  $\boldsymbol{\beta}$  yaitu:  $\mathbf{q} = \mathbf{X}^T \mathbf{W} \mathbf{z}$ , dengan  $\mathbf{X}$  adalah matriks ( $n \times c$ ) dari variabel prediktor,  $\mathbf{W}$  adalah matriks *weight* diagonal ke- $i$  dan  $\mathbf{z}$  adalah vektor matriks dengan baris ke- $i$ , dengan masing masing elemennya adalah:

$$w_i = \frac{\mu_i}{1 + \theta\mu_i} \quad \text{dan} \quad z_i = \frac{(y_i - \mu_i)}{\mu_i} \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Turunan pertama dari fungsi *log-likelihood* terhadap parameter dispersi  $\theta$  adalah:

$$\begin{aligned} f'(\theta) &= \frac{\partial L(\boldsymbol{\beta}, \theta)}{\partial \theta} = \sum_{i=1}^n \left[ -\theta^{-2} \sum_{r=0}^{y_i-1} \frac{1}{r + \theta^{-1}} + \frac{y_i}{\theta} + \theta^{-2} \ln(1 + \right. \\ &\quad \left. \theta\mu_i) - \frac{(\theta^{-1} + y_i)\mu_i}{1 + \theta\mu_i} \right] = 0 \end{aligned}$$



$$f'(\theta) = \frac{\partial L(\boldsymbol{\beta}, \theta)}{\partial \theta} = \sum_{i=1}^n \left[ -\theta^{-2} \sum_{r=0}^{y_i-1} \frac{1}{r+\theta-1} + \theta^{-2} \ln(1 + \theta \mu_i) + \frac{y_i - \mu_i}{\theta(1 + \theta \mu_i)} \right] = 0$$

Turunan parsial kedua fungsi *log-likelihood* terhadap parameter koefisien regresi  $\beta$  adalah:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 L(\boldsymbol{\beta}, \theta)}{\partial \beta_0^2} &= - \sum_{i=1}^n \left[ \frac{(1 + \theta y_i) \mu_i}{(1 + \theta \mu_i)^2} \right] \\ \frac{\partial^2 L(\boldsymbol{\beta}, \theta)}{\partial \beta_0 \partial \beta_k} &= \sum_{i=1}^n \left[ \frac{-\mu_i x_{ik} (1 + \theta \mu_i) - (y_i - \mu_i)(x_{ik} \theta \mu_i)}{(1 + \theta \mu_i)^2} \right] \\ \frac{\partial^2 L(\boldsymbol{\beta}, \theta)}{\partial \beta_0 \partial \beta_k} &= \sum_{i=1}^n \left[ \frac{(1 + \theta y_i) x_{ik} \mu_i}{(1 + \theta \mu_i)^2} \right] \end{aligned}$$

Misalkan turunan parsial pertama dari  $L(\boldsymbol{\beta}, \theta)$  terhadap  $\beta_k, k \leq p$  adalah:

$$\frac{\partial L(\boldsymbol{\beta}, \theta)}{\partial \beta_k} = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{(y_i - \mu_i) x_{ik}}{1 + \theta \mu_i} \right] = 0, \text{ maka turunan parsial kedua terhadap } \beta_u, u \leq p \text{ adalah:}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 L(\boldsymbol{\beta}, \theta)}{\partial \beta_u \partial \beta_k} &= \sum_{i=1}^n \left[ \frac{-\mu_i x_{iu} x_{ik} (1 + \theta \mu_i) - (y_i - \mu_i)(x_{iu} x_{ik} \theta \mu_i)}{(1 + \theta \mu_i)^2} \right] \\ \frac{\partial^2 L(\boldsymbol{\beta}, \theta)}{\partial \beta_u \partial \beta_k} &= - \sum_{i=1}^n \left[ \frac{(1 + \theta y_i) x_{iu} x_{ik} \mu_i}{(1 + \theta \mu_i)^2} \right] \end{aligned}$$

Ekspektasi dari turunan kedua *log-likelihood* adalah:

$$E \left( - \frac{\partial^2 L(\boldsymbol{\beta}, \theta)}{\partial \beta_u \partial \beta_k} \right) = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{x_{iu} x_{ik} \mu_i}{(1 + \theta \mu_i)} \right] \quad (2.15)$$

Jika persamaan (2.15) dinyatakan dalam matriks  $\mathbf{I}$  yaitu matriks yang mengandung ekspektasi negatif dari turunan kedua *log-likelihood* maka:

$$\mathbf{I} = \mathbf{X}^T \mathbf{W} \mathbf{X},$$

dengan  $\mathbf{X}$  adalah matriks dari variabel prediktor,  $\mathbf{W}$  adalah matriks weight diagonal ke- $i$  dengan elemen :  $w_i = \frac{\mu_i}{1 + \theta \mu_i}$

Turunan kedua fungsi *log-likelihood* terhadap parameter dispersi  $\theta$  adalah:

$$\begin{aligned} f''(\theta) = \frac{\partial^2 L(\boldsymbol{\beta}, \theta)}{\partial \theta^2} &= \sum_{i=1}^n \left[ \theta^{-3} \sum_{r=0}^{y_i-1} \frac{(2r + \theta^{-1})}{(r + \theta^{-1})^2} - 2\theta^{-3} \ln(1 + \right. \\ &\quad \left. + \theta \mu_i) + \frac{-\theta^2 \mu_i}{(1 + \theta \mu_i)} - \frac{(y_i - \mu_i)(1 + 2\theta \mu_i)}{(\theta + \theta^2 \mu_i)^2} \right] \end{aligned}$$

Langkah langkah estimasi parameter regresi binomial negatif dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

1. Menentukan estimasi awal  $\theta$ , misal  $\hat{\theta}_1 = 0,1$
2. Menentukan estimasi maksimum *likelihood* dari parameter  $\beta$  menggunakan prosedur iterasi Fisher scoring dengan asumsi  $\theta = \hat{\theta}_1$

$$\hat{\beta}_{i+1} = \hat{\beta}_i + (X^T W_i X)^{-1} X^T W_i z_i$$

Iterasi berakhir jika diperoleh  $\|\hat{\beta}_{i+1} - \hat{\beta}_i\| \leq \varepsilon$ .

3. Menggunakan  $\hat{\beta}$  untuk menghasilkan estimasi dari parameter  $\theta$  dengan menggunakan prosedur iterasi Newton-Raphson satu variabel, iterasi berakhir jika diperoleh  $|\hat{\theta}_{i+1} - \hat{\theta}_i| \leq \varepsilon$

$$\hat{\theta}_{i+1} = \hat{\theta}_i - \frac{f'(\theta_i)}{f''(\theta_i)}$$

4. Jika  $|\hat{\theta}_{i+1} - \hat{\theta}_i| \leq \varepsilon$  selesai; bila tidak, gunakan parameter  $\theta = \hat{\theta}_{i+1}$  dan kembali ke langkah 2, nilai  $\varepsilon$  merupakan bilangan positif yang sangat kecil.

### 2.2.2 Pengujian Parameter Regresi Binomial Negatif

Uji kesesuaian model regresi binomial negatif dengan uji devians sebagai berikut:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \dots = \beta_p = 0$$

$$H_1: \text{paling sedikit ada satu } \beta_k \neq 0 \quad k = 1, 2, \dots, p$$

Statistik Uji:

$$D(\hat{\beta}_B) = -2 \ln \Delta = -2 \ln \left( \frac{L(\hat{\omega})}{L(\hat{\Omega})} \right) \quad (2.16)$$

Kriteria Penolakan: Tolak  $H_0$  jika nilai  $D(\hat{\beta}_B) > \chi^2_{(\alpha; p)}$ , artinya paling sedikit ada satu variabel yang memberikan pengaruh pada model.

Setelah dilakukan uji serentak, dilanjutkan dengan pengujian parsial setiap variabel prediktornya dengan hipotesis sebagai berikut:

$$H_0: \beta_k = 0$$

$$H_1: \beta_k \neq 0$$

Statistik uji:

$$Z_{hit} = \frac{\hat{\beta}_k}{se(\hat{\beta}_k)} \quad (2.17)$$

Kriteria Penolakan: Tolak  $H_0$  jika nilai  $|Z_{hit}| > Z_{\alpha/2}$ , artinya variabel  $k$  memberikan pengaruh pada model.

### 2.3 Pengujian Spasial

Pengujian spasial dibagi menjadi dua yaitu pengujian pengujian heterogenitas spasial dan dependensi spasial .

#### 2.3.1 Pengujian Heterogenitas Spasial

Perbedaan karakteristik antara satu titik pengamatan dengan titik pengamatan lainnya menyebabkan adanya heterogenitas spasial. Untuk melihat adanya heterogenitas spasial pada data dapat dilakukan pengujian *Breusch-Pagan* (Anselin, 1988). Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut:

$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_n^2 = \sigma^2$  (variansi antar lokasi sama)

$H_1 : \text{paling sedikit ada satu } \sigma_i^2 \neq \sigma^2 \text{ (variansi antar lokasi berbeda) } i=1,2,\dots,n$

Dengan statistik uji *Breusch-Pagan* (BP) sebagai berikut.

$$BP = \left(\frac{1}{2}\right) \mathbf{f}^T \mathbf{Z} (\mathbf{Z}^T \mathbf{Z})^{-1} \mathbf{Z}^T \mathbf{f} \sim \chi_{(p)}^2 \quad (2.18)$$

Dimana

$$e_i = y_i - \hat{y}_i$$

$$\mathbf{f} = (f_1, f_2, \dots, f_n)^T \text{ dengan } f_i = \frac{e_i^2}{\hat{\sigma}^2} - 1$$

$e_i^2$  = kuadrat sisaan untuk pengamatan ke- $i$

$\mathbf{Z}$  = matriks berukuran  $n \times (p+1)$  yang berisi vektor yang sudah di normal bakukan ( $z$ ) untuk setiap pengamatan

$\hat{\sigma}^2$  = varians  $y$

Kriteria Penolakan: Tolak  $H_0$  jika nilai  $BP > \chi_{(\alpha;p)}^2$  yang artinya adalah variansi antar lokasi berbeda.

### 2.3.2 Pengujian Dependensi Spasial

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah pengamatan suatu lokasi berpengaruh terhadap pengamatan di lokasi lain yang berdekatan. Statistik uji yang sering digunakan dalam autokorelasi spasial adalah Moran's I. Moran's I adalah ukuran hubungan antara pengamatan yang saling berdekatan. Hipotesis yang digunakan dalam pengujian dependensi spasial adalah sebagai berikut:

$H_0 : I = 0$  (tidak ada dependensi spasial)

$H_1 : I \neq 0$  (terdapat dependensi spasial)

Dengan Statistik uji Moran's I sebagai berikut.

$$Z_{I \text{ hit}} = \frac{\hat{I} - E(\hat{I})}{\sqrt{\text{Var}(\hat{I})}} \quad (2.19)$$

Dimana

$$\hat{I} = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \right) \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

$n$  = banyak pengamatan

$\bar{y}$  = nilai rata rata dari  $y_i$  dari  $n$  lokasi

$y_i$  = nilai pengamatan pada lokasi ke- $i$

$y_j$  = nilai pengamatan pada lokasi ke- $j$

$w_{ij}$  = elemen matriks pembobot *queen contiguity*

Kriteria Penolakan: Tolak  $H_0$  jika nilai  $|Z_{I \text{ hit}}| > Z_{\alpha/2}$  yang artinya terdapat dependensi spasial.

Keragaman spasial yang terjadi pada suatu pengamatan diperlukan matriks pembobot. Fungsi kernel adaptif yaitu fungsi kernel yang memiliki *bandwidth* yang berbeda pada setiap lokasi pengamatan. Terdapat tiga fungsi pembobot yang sering digunakan salah satunya adalah fungsi *Adaptive Bisquare Kernel* yaitu:

$$w_{j(u_i, v_i)} = \begin{cases} \left( 1 - \left( \frac{d_{ij}}{h_i} \right)^2 \right)^2 & \text{untuk } d_{ij} \leq h_i \\ 0 & \text{untuk } d_{ij} > h_i \end{cases} \quad (2.20)$$

Dimana :

$h_i$  adalah *adaptive bandwidth*

$d_{ij}$  = Jarak Euclidean ( $d_{ij}$ ) antara lokasi ke- $i$  dan lokasi ke- $j$  dengan persamaan:

$$d_{ij} = \sqrt{(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2} \quad (2.21)$$

Pemilihan *bandwidth* optimum menjadi sangat penting karena akan mempengaruhi ketepatan model terhadap data, yaitu mengatur varians dan bias dari model. Secara praktek adalah tidak mungkin meminimumkan nilai varians dan bias secara bersamaan, sebab hubungan antara varians dan bias adalah berbanding terbalik. Oleh karena itu digunakan metode *cross validation* (CV) untuk meminimumkan *bandwidth* optimum, yang dirumuskan sebagai berikut.

$$CV(h) = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_{\neq i}(h_i))^2 \quad (2.22)$$

$\hat{y}_{\neq i}(h_i)$  merupakan penaksir  $y_i$  dimana pengamatan lokasi ( $u_i, v_i$ ) dihilangkan dalam proses estimasi.

## 2.4 Geographically Weighted Negative Binomial Regression (GWNBR)

Model *Geographically Weighted Negative Binomial Regression* (GWNBR) adalah salah satu metode yang cukup efektif menduga data yang memiliki heterogenitas spasial yang memiliki overdispersi. Model GWNBR akan menghasilkan penaksir parameter lokal dengan masing masing lokasi akan memiliki parameter yang berbeda beda. Model GWNBR dapat dirumuskan sebagai berikut (Ricardo & Carvalho, 2013):  $y_i \sim NB[\exp(\sum_{k=0}^p \beta_k(u_i, v_i)x_{ik}), \theta(u_i, v_i)]$ ,  $i = 1, 2, 3, \dots, n$  (2.23)

Di mana,

$y_i$  : Nilai observasi respon ke- $i$

$x_{ik}$  : Nilai observasi variabel prediktor ke- $k$  pada pengamatan lokasi ( $u_i, v_i$ )

$\beta_k(u_i, v_i)$  : Koefisien regresi variabel prediktor ke- $k$  untuk setiap lokasi ( $u_i, v_i$ )

$\theta(u_i, v_i)$  : parameter disperse untuk setiap lokasi  $(u_i, v_i)$

Fungsi sebaran binomial negatif untuk setiap lokasi berdasarkan persamaan (2.23) dapat ditulis dalam bentuk persamaan berikut:

$$f(y_i | \mathbf{x}_{ik} \beta_k(u_i, v_i), \theta(u_i, v_i)) = \frac{\Gamma(y_i + 1/\theta_i)}{\Gamma(1/\theta_i) \Gamma(y_i + 1)} \left( \frac{1}{1 + \theta_i + \mu_i} \right)^{1/\theta_i} \left( \frac{\theta_i \mu_i}{1 + \theta_i \mu_i} \right)^{y_i} \quad (2.24)$$

$i = 0, 1, 2, \dots, n$

Di mana,

$$\mu_i = \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))$$

$$\theta_i = \theta(u_i, v_i)$$

Penaksir parameter koefisien GWNBR dilakukan dengan metode maksimum *likelihood*. Faktor letak geografis merupakan faktor pembobot pada model GWNBR yang memiliki nilai yang berbeda beda untuk setiap lokasi dan menunjukkan sifat lokal pada model. Fungsi *likelihood* yang telah diberi pembobot adalah sebagai berikut (Richardo & Carvalho, 2013) :

$$\begin{aligned} \ln L(\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i), \theta(u_i, v_i) | y_i, \mathbf{x}_{ik}) \\ = \sum_{j=0}^n W_j \theta(u_i, v_i) \left[ \ln \frac{\Gamma(y_i + 1/\theta_i)}{\Gamma(1/\theta_i) \Gamma(y_i + 1)} + y_i \ln(\theta_i \mu_i) - (\theta_i^{-1} + y_i) \ln(1 + \theta_i \mu_i) \right] \end{aligned} \quad (2.25)$$

Proses estimasi parameter koefisien regresi diperoleh melalui metode iterasi numerik Newton Raphson.

#### 2.4.1 Estimasi Parameter Model Geographically Weighted Negative Binomial Regression (GWNBR)

Model GWNBR merupakan pengembangan dari model regresi binomial negatif. Model ini menghasilkan estimasi parameter model yang bersifat lokal untuk setiap titik atau lokasi di mana data tersebut dikumpulkan. Dalam model GWNBR variabel respon yang diprediksi dengan variabel prediktor yang masing-masing koefisien regresinya bergantung pada lokasi di mana data tersebut diamati. Model GWNBR yang merupakan pengembangan dari distribusi binomial negatif (2.9) yaitu:

$$f(y_i | \mathbf{x}_{ik}, \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i), \theta_i) = \frac{\Gamma(y_i + 1/\theta_i)}{\Gamma(1/\theta_i)\Gamma(y_i + 1)} \left(\frac{1}{1 + \theta_i \mu_i}\right)^{1/\theta_i} \left(\frac{\theta_i \mu_i}{1 + \theta_i \mu_i}\right)^{y_i} \text{ dengan } i = 0, 1, 2, \dots \quad (2.26)$$

Dimana:

$$\mu_i = \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))$$

$$\theta_i = \theta(u_i, v_i)$$

Estimasi parameter model GWNBR dilakukan dengan menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE). Langkah awal dari metode ini adalah membentuk fungsi *likelihood* yaitu sebagai berikut:

Fungsi *likelihood*:

$$\begin{aligned} L(\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i), \theta_i | y_i, x_i) &= \prod_{i=1}^n \left[ \frac{\Gamma(y_i + 1/\theta_i)}{\Gamma(1/\theta_i)\Gamma(y_i + 1)} \left(\frac{1}{1 + \theta_i \mu_i}\right)^{1/\theta_i} \left(\frac{\theta_i \mu_i}{1 + \theta_i \mu_i}\right)^{y_i} \right] \\ &= \prod_{i=1}^n \left( \frac{\Gamma(y_i + 1/\theta_i)}{\Gamma(1/\theta_i)\Gamma(y_i + 1)} \right) \left( \prod_{i=1}^n \left(\frac{1}{1 + \theta_i \mu_i}\right)^{1/\theta_i} \right) \left( \prod_{i=1}^n \left(\frac{\theta_i \mu_i}{1 + \theta_i \mu_i}\right)^{y_i} \right) \end{aligned}$$

$$\text{Diketahui bahwa } \frac{\Gamma(y+c)}{\Gamma(c)} = c(c+1)(c+2) \dots (c+y-1),$$

sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned} \frac{\Gamma(y_i + \theta_i^{-1})}{\Gamma(\theta_i^{-1})} &= \left(\frac{1}{\theta_i}\right) \left(\frac{1}{\theta_i} + 1\right) \left(\frac{1}{\theta_i} + 2\right) \dots \left(\frac{1}{\theta_i} + y_i - 1\right) \\ &= \left(\frac{1}{\theta_i}\right) \left(\frac{1}{\theta_i}\right) (1 + \theta_i) \left(\frac{1}{\theta_i}\right) (1 + 2\theta_i) \dots \left(\frac{1}{\theta_i}\right) (1 + (y_i - 1)\theta_i) \\ &= \prod_{r=0}^{y_i-1} (r + \theta_i^{-1}) \end{aligned}$$

Maka fungsi *likelihood*  $L(\boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)}, \theta_i | y_i, x_i)$  jika disederhanakan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} L(\boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)}, \theta_i | y_i, x_i) &= \prod_{i=1}^n \left( \prod_{r=0}^{y_i-1} (r + \theta_i^{-1}) \right) \frac{1}{(y_i!)} \left(\frac{1}{1 + \theta_i \mu_i}\right)^{1/\theta_i} \left(\frac{\theta_i \mu_i}{1 + \theta_i \mu_i}\right)^{y_i} \end{aligned}$$

Kemudian fungsi *likelihood* tersebut diubah dalam bentuk logaritma natural menjadi:

$$\ln L(\boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)}, \theta_i | y_i, x_i) =$$



$$\begin{aligned}
&= \sum_{i=1}^n \left[ \left( \sum_{r=0}^{y_i-1} \ln(r + \theta_i^{-1}) \right) - \ln(y_i!) + \theta_i^{-1} \ln(1 + \theta_i \mu_i) + \right. \\
&\quad \left. + y_i \ln \left( \frac{\theta_i \mu_i}{1 + \theta_i \mu_i} \right) \right] \\
&= \sum_{i=1}^n \left[ \left( \sum_{r=0}^{y_i-1} \ln(r + \theta_i^{-1}) \right) - \ln(y_i!) + y_i \ln \theta_i \mu_i - (y_i + \right. \\
&\quad \left. + \theta_i^{-1}) \ln(1 + \theta_i \mu_i) \right]
\end{aligned}$$

Dengan  $\mu_i = \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))$  maka diperoleh bentuk lain dari persamaan logaritma fungsi *likelihood* menjadi:

$$L(\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i), \theta_i | y_i, x_i) = \sum_{i=1}^n [a + b - c]$$

Faktor letak geografis merupakan faktor pembobot pada model GWNBR. Faktor ini memiliki nilai yang berbeda untuk setiap wilayah yang menunjukkan sifat lokasi pada model GWNBR. Oleh karena itu, pembobot diberikan pada bentuk persamaan *ln-likelihood* untuk model GWNBR, sehingga diperoleh bentuk persamaan dibawah ini:

$$L(\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i), \theta_i | y_i, x_i) = \sum_{j=1}^n w_{j(u_i, v_i)} [a + b - c]$$

Dengan keterangan:

$$a = \left( \sum_{r=0}^{y_i-1} \ln(r + \theta_i^{-1}) \right) - \ln(y_i!)$$

$$b = y_i \ln(\theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)))$$

$$c = (y_i + \theta_i^{-1}) \ln(1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)))$$

Turunan pertama dari logaritma fungsi *likelihood* terhadap parameter dispersi  $\theta$  adalah:

$$\frac{\partial \ln L(.)}{\partial \theta_i} = \sum_{i=1}^n w_{j(u_i, v_i)} \left[ \frac{\partial a}{\partial \theta_i} + \frac{\partial b}{\partial \theta_i} - \frac{\partial c}{\partial \theta_i} \right]$$

$$\frac{\partial a}{\partial \theta_i} = -\theta_i^{-2} \sum_{r=0}^{y_i-1} \frac{1}{(r + \theta_i^{-1})}$$

$$\frac{\partial b}{\partial \theta_i} = y_i \frac{1}{\theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))} (\exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))) = \frac{y_i}{\theta_i}$$

$$\begin{aligned}
\frac{\partial c}{\partial \theta_i} &= \left( -\frac{\ln(1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)))}{\theta_i^2} + \frac{(y_i + \theta_i^{-1}) \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))}{1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))} \right) \\
&= (-d + e)
\end{aligned}$$

Dimana

$$d = \frac{\ln(1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)))}{\theta_i^2} \quad \text{dan} \quad e = \frac{(y_i + \theta_i^{-1}) \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))}{1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))}$$

Sehingga

$$\frac{\partial \ln L(.)}{\partial \theta_i} = \sum_{i=1}^n w_{i(u_i, v_i)} \left[ \frac{\partial a}{\partial \theta_i} + \frac{\partial b}{\partial \theta_i} + d - e \right]$$

Turunan kedua dari logaritma fungsi *likelihood* terhadap parameter dispersi  $\theta$  adalah :

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \ln L(.)}{\partial \theta_i^2} &= \sum_{i=1}^n w_{i(u_i, v_i)} \left[ \frac{\partial^2 a}{\partial \theta_i^2} + \frac{\partial^2 b}{\partial \theta_i^2} - \frac{\partial^2 c}{\partial \theta_i^2} \right] \\ &= \sum_{i=1}^n w_{i(u_i, v_i)} \left[ \frac{\partial^2 a}{\partial \theta_i^2} + \frac{\partial^2 b}{\partial \theta_i^2} - \left( -\frac{\partial d}{\partial \theta_i} + \frac{\partial e}{\partial \theta_i} \right) \right] \\ \frac{\partial^2 \ln L(.)}{\partial \theta_i^2} &= \sum_{i=1}^n w_{i(u_i, v_i)} \left[ \frac{\partial^2 a}{\partial \theta_i^2} + \frac{\partial^2 b}{\partial \theta_i^2} + \frac{\partial d}{\partial \theta_i} - \frac{\partial e}{\partial \theta_i} \right] \end{aligned}$$

Dengan keterangan:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 a}{\partial \theta_i^2} &= \sum_{r=0}^{y_i-1} \frac{2\theta_i^{-3}(r+\theta_i^{-1})-\theta_i^{-4}}{(r+\theta_i^{-1})^2} \\ &= \sum_{r=0}^{y_i-1} \frac{2\theta_i^{-3}r+2\theta_i^{-4}-\theta_i^{-4}}{(r+\theta_i^{-1})^2} \\ &= \sum_{r=0}^{y_i-1} \theta_i^{-3} \frac{(2r+\theta_i^{-1})}{(r+\theta_i^{-1})^2} \\ \frac{\partial^2 b}{\partial \theta_i^2} &= -\frac{y_i}{\theta_i^2} \\ \frac{\partial d}{\partial \theta_i} &= \left( \frac{\theta_i^2 \frac{\partial}{\partial \theta_i} \ln(\theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))) - \ln(\theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))) \frac{\partial}{\partial \theta_i} \theta_i^2}{\theta_i^4} \right) \\ &= \frac{\exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))}{(1+\theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)))\theta_i^2} - \frac{2\ln(1+\theta_i) \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))}{\theta_i^3} \\ &\quad - \frac{\exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))}{\theta_i^2} (1+\theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))) - (\exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)))^2 (y_i + \theta_i^{-1}) \\ \frac{\partial e}{\partial \theta_i} &= \frac{(1+\theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)))^2}{\exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))} - \frac{(\exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)))^2 (y_i + \theta_i^{-1})}{(1+\theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)))^2 \theta_i^2} \\ \frac{\partial^2 c}{\partial \theta_i^2} &= \frac{\partial d}{\partial \theta_i} - \frac{\partial e}{\partial \theta_i} \end{aligned}$$

$$= 2 \left( \frac{\exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))}{((1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)))^2 \theta_i^2)} - \frac{2 \ln(1 + \theta_i) \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))}{\theta_i^3} + \right. \\ \left. + \frac{(\exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)))^2 (y_i + \theta_i^{-1})}{(1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)))^2 \theta_i^2} \right)$$

Untuk mendapatkan  $\hat{\boldsymbol{\beta}}_{(u_i, v_i)}$  yang merupakan estimasi parameter  $\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)$  maka bentuk persamaan  $\ln L(.)$  diturunkan terhadap  $\boldsymbol{\beta}^T(u_i, v_i)$  adalah:

$$\frac{\partial \ln L(.)}{\partial \boldsymbol{\beta}^T(u_i, v_i)} = \sum_{i=1}^n w_{i(u_i, v_i)} \left[ \frac{\partial a}{\partial \boldsymbol{\beta}^T(u_i, v_i)} + \frac{\partial b}{\partial \boldsymbol{\beta}^T(u_i, v_i)} - \frac{\partial c}{\partial \boldsymbol{\beta}^T(u_i, v_i)} \right]$$

$$\frac{\partial a}{\partial \boldsymbol{\beta}^T(u_i, v_i)} = 0$$

$$\frac{\partial b}{\partial \boldsymbol{\beta}^T(u_i, v_i)} = \frac{y_i}{\exp(\boldsymbol{\beta}^T(u_i, v_i) \mathbf{x}_i)} \theta_i \exp(\boldsymbol{\beta}^T(u_i, v_i) \mathbf{x}_i) \mathbf{x}_i$$

$$\frac{\partial c}{\partial \boldsymbol{\beta}^T(u_i, v_i)} = (y_i + \theta_i^{-1}) \frac{\theta_i \exp(\boldsymbol{\beta}^T(u_i, v_i) \mathbf{x}_i) \mathbf{x}_i}{1 + \theta_i \exp(\boldsymbol{\beta}^T(u_i, v_i) \mathbf{x}_i)}$$

Sehingga, dengan mensubstitusikan nilai nilai diatas dan disederhanakan akan menjadi:

$$\frac{\partial \ln L(.)}{\partial \boldsymbol{\beta}^T(u_i, v_i)} = \sum_{i=1}^n w_{i(u_i, v_i)} \left[ y_i \mathbf{x}_i - (y_i + \theta_i^{-1}) \frac{\theta_i \exp(\mathbf{x}_i \boldsymbol{\beta}^T(u_i, v_i) \mathbf{x}_i)}{1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i \boldsymbol{\beta}^T(u_i, v_i) \mathbf{x}_i)} \right]$$

$$= \sum_{i=1}^n w_{i(u_i, v_i)} \left[ \frac{(y_i - \exp(\mathbf{x}_i \boldsymbol{\beta}^T(u_i, v_i) \mathbf{x}_i)) \mathbf{x}_i}{1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i \boldsymbol{\beta}^T(u_i, v_i) \mathbf{x}_i)} \right]$$

Turunan parsial kedua logaritma fungsi *likelihood* terhadap parameter regresi  $\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)$  adalah:

$$\frac{\partial^2 \ln L(.)}{\partial \boldsymbol{\beta}^T(u_i, v_i) \partial \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)} = \frac{\partial b}{\partial \boldsymbol{\beta}^T(u_i, v_i) \partial \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)} - \frac{\partial c}{\partial \boldsymbol{\beta}^T(u_i, v_i) \partial \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)}$$

$$\frac{\partial b}{\partial \boldsymbol{\beta}^T(u_i, v_i) \partial \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)} = 0$$

$$\frac{\partial c}{\partial \boldsymbol{\beta}^T(u_i, v_i) \partial \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)} = [-(y_i + \theta_i^{-1}) \theta \mathbf{x}_i \mathbf{x}_i^T (\exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)))(u)]$$

Dimana

$$u = \frac{1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)) - \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))}{(1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)))^2} = \frac{1}{(1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)))^2}$$

Sehingga  $\frac{\partial^2 \ln L(.)}{\partial \boldsymbol{\beta}^T(u_i, v_i) \partial \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)}$  setelah diberi pembobot menjadi:

$$\begin{aligned}
&= \sum_{i=1}^n w_{i(u_i, v_i)} \left[ - (y_i + \right. \\
&\quad \left. + \theta_i^{-1}) \theta \mathbf{x}_i \mathbf{x}_i^T (\exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))) \left( \frac{1}{(1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)))^2} \right) \right] \\
&= \sum_{i=1}^n w_{i(u_i, v_i)} \left[ \frac{-(y_i + \theta_i^{-1}) (\exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))) \theta_i \mathbf{x}_i \mathbf{x}_i^T}{(1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)))^2} \right]
\end{aligned}$$

Turunan parsial kedua logaritma fungsi *likelihood* terhadap parameter regresi  $\boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)}$  dan parameter dispersi  $\theta_i$  adalah:

$$\begin{aligned}
&\frac{\partial^2 \ln L(.)}{\partial \boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)} \partial \theta_i} = \\
&\sum_{i=1}^n w_{i(u_i, v_i)} \left[ \frac{\theta_i^3 - \exp(\boldsymbol{\beta}^T(u_i, v_i) \mathbf{x}_i) \mathbf{x}_i}{1 + \theta_i \exp(\boldsymbol{\beta}^T(u_i, v_i) \mathbf{x}_i)} - \frac{\exp(\boldsymbol{\beta}^T(u_i, v_i) \mathbf{x}_i) \mathbf{x}_i}{(1 + \theta_i \exp(\boldsymbol{\beta}^T(u_i, v_i) \mathbf{x}_i))^2} \right]
\end{aligned}$$

Turunan-turunan parsial dari persamaan log-*likelihood* di atas, jika dinyatakan dalam bentuk matriks menjadi:

$$\mathbf{g}^T(\boldsymbol{\beta}_{(m)}) = \left[ \frac{\partial \ln L(.)}{\partial \theta}, \frac{\partial \ln L(.)}{\partial \beta_0}, \frac{\partial \ln L(.)}{\partial \beta_1}, \dots, \frac{\partial \ln L(.)}{\partial \beta_p} \right]$$

Proses estimasi parameter koefisien regresi diperoleh melalui metode iterasi numerik yaitu metode iterasi numerik Newton Raphson. Metode Newton Raphson digunakan untuk menemukan solusi dari fungsi log-*likelihood* sehingga diperoleh nilai yang cukup konvergen untuk dijadikan sebagai estimasi bagi masing-masing parameter. Algoritma metode Newton Raphson sebagai berikut:

1. Menentukan nilai estimasi awal parameter

$$\hat{\boldsymbol{\beta}}_{(0)} = [\theta_0 \quad \beta_{00} \quad \dots \quad \beta_{p0}], \text{ iterasi pada saat } m=0$$

2. Membentuk vektor g

$$\mathbf{g}^T(\hat{\boldsymbol{\beta}}_{(m)})_{(p+1)} = \left[ \frac{\partial \ln L(.)}{\partial \theta}, \frac{\partial \ln L(.)}{\partial \beta_0}, \frac{\partial \ln L(.)}{\partial \beta_1}, \dots, \frac{\partial \ln L(.)}{\partial \beta_p} \right]_{\boldsymbol{\beta}=\hat{\boldsymbol{\beta}}_{(m)}}$$

Dengan p adalah banyaknya parameter yang diestimasi.

3. Membentuk matriks Hessian  $\mathbf{H}$  yang elemennya adalah:

$$\mathbf{H}(\hat{\beta}_{(m)})_{(p+1)(p+1)} = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 \ln L(.)}{\partial \theta_i^2} & \frac{\partial^2 \ln L(.)}{\partial \theta_1 \partial \beta_0} & \cdots & \frac{\partial^2 \ln L(.)}{\partial \theta_1 \partial \beta_p} \\ & \frac{\partial^2 \ln L(.)}{\partial \beta_0^2} & \cdots & \frac{\partial^2 \ln L(.)}{\partial \beta_0 \partial \beta_p} \\ & & \ddots & \vdots \\ \text{simetris} & & & \frac{\partial^2 \ln L(.)}{\partial \beta_p^2} \end{bmatrix}_{\beta = \hat{\beta}_{(m)}}$$

Matriks Hessian ini disebut juga matriks informasi.

4. Melakukan iterasi mulai dari  $m=0$  pada persamaan:

$$\hat{\beta}_{(m+1)} = \hat{\beta}_{(m)} - \mathbf{H}_{(m)}^{-1}(\hat{\beta}_{(m)}) \mathbf{g}_{(m)}(\hat{\beta}_{(m)})$$

5. Proses iterasi dapat dihentikan ketika nilai estimasi yang diperoleh sudah konvergen ke suatu nilai ,atau  $\hat{\beta}_{(m+1)} \approx \hat{\beta}_{(m)}$
6. Jika belum mencapai penaksir parameter yang konvergen, maka pada langkah ke-2 hingga konvergen. Penaksir parameter yang konvergen diperoleh jika  $\|\beta_{(m+1)} - \beta_{(m)}\| < \varepsilon$ ,  $\varepsilon$  merupakan bilangan yang sangat kecil.

#### 2.4.2 Pengujian Hipotesis Model Geographically Weighted Negative Binomial Regression (GWNBR)

Terdapat tiga macam pengujian parameter untuk model GWNBR, antara lain sebagai berikut:

- a. Pengujian kesamaan model GWNBR dengan regresi binomial negatif

Pengujian pertama yang dilakukan adalah menguji kesamaan antara model GWNBR dengan model regresi binomial negatif dengan hipotesis pengujian kesamaan adalah:

$$H_0: \beta_k(u_i, v_i) = \beta_k \quad k = 0, 1, 2, \dots, p; i = 1, 2, \dots, n$$

$$H_1: \beta_k(u_i, v_i) \neq \beta_k$$

Misalkan model GWNBR disebut model B dengan derajat bebas  $df_B$  dan model binomial negatif disebut model A dengan derajat bebas  $df_A$  maka statistik ujinya adalah sebagai berikut:

$$F_{hit} = \frac{\text{Devians Model A} / df_A}{\text{Devians Model B} / df_B} \quad (2.27)$$

Mengikuti distribusi F dengan derajat bebas  $df_A$  dan  $df_B$ .

Kriteria Penolakan: Tolak  $H_0$  jika nilai  $F_{hit} > F_{(\alpha, df_A, df_B)}$  artinya bahwa ada perbedaan yang signifikan antara model binomial negatif dengan model GWNBR. Namun jika gagal tolak  $H_0$ , yaitu jika  $F_{hit} \leq F_{(\alpha, df_A, df_B)}$  artinya bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara model binomial negatif dengan model GWNBR. Ketika disimpulkan bahwa antara kedua model tidak sama, maka perlu dilakukan pengujian serentak parameter model GWNBR. Devians model regresi binomial negatif maupun GWNBR adalah sebagai berikut:

$$D(\hat{\beta}) = 2 \left( \ln L(\hat{\Omega}) - \ln L(\hat{\omega}) \right)$$

$L(\hat{\omega})$  merupakan suatu fungsi *likelihood* untuk model tidak lengkap, dan  $L(\hat{\Omega})$  merupakan suatu fungsi *likelihood* untuk model lengkap dengan variabel prediktor dengan himpunan  $\Omega$  yang terdiri dari parameter-parameter di bawah populasi yaitu  $\Omega = \beta_{1(u_i, v_i)}, \beta_{2(u_i, v_i)}, \dots, \beta_P(u_i, v_i)$ .

b. Pengujian secara serentak

Berikut ini adalah hipotesis untuk pengujian parameter model GWNBR secara serentak dengan menggunakan *Maximum Likelihood Ratio Test* (MLRT). Dengan hipotesis pengujian secara serentak adalah:

$$H_0: \beta_1(u_i, v_i) = \beta_2(u_i, v_i) = \dots = \beta_p(u_i, v_i) = 0$$

$$H_1: \text{paling sedikit ada satu } \beta_k(u_i, v_i) \neq 0$$

Statistik Uji : Untuk mencari nilai devians adalah sebagai berikut:

$$D(\hat{\beta}) = 2 \left( \ln L(\hat{\Omega}) - \ln L(\hat{\omega}) \right)$$

Dengan  $L(\hat{\omega})$  dan  $L(\hat{\Omega})$  sebagai berikut.

$$L(\hat{\omega}) = \prod_{i=1}^n \left( \prod_{r=0}^{y_i-1} (r + \hat{\theta}_i^{-1}) \right) \frac{1}{(y_i!)} \left( \frac{1}{1 + \hat{\theta}_i \hat{\mu}_i} \right)^{1/\hat{\theta}_i} \left( \frac{\hat{\theta}_i \hat{\mu}_i}{1 + \hat{\theta}_i \hat{\mu}_i} \right)$$

$$\ln L(\hat{\omega}) = \sum_{i=1}^n \left[ \left( \sum_{r=0}^{y_i-1} \ln(r + \hat{\theta}_i^{-1}) \right) - \ln(y_i!) + y_i \ln \hat{\theta}_i \mu_i - (y_i + \hat{\theta}_i^{-1}) \ln(1 + \hat{\theta}_i \mu_i) \right]$$

Dengan  $\hat{\mu}_i = \exp(\hat{\beta}_0(u_i, v_i))$

$$L(\hat{\Omega}) = \prod_{i=1}^n \left( \prod_{r=0}^{y_i-1} (r + \hat{\theta}_i^{-1}) \right) \frac{1}{(y_i!)} \left( \frac{1}{1 + \hat{\theta}_i \hat{\mu}_i} \right)^{1/\hat{\theta}_i} \left( \frac{\hat{\theta}_i \hat{\mu}_i}{1 + \hat{\theta}_i \hat{\mu}_i} \right)$$

$$\ln L(\hat{\Omega}) = \sum_{i=1}^n \left[ \left( \sum_{r=0}^{y_i-1} \ln(r + \hat{\theta}_i^{-1}) \right) - \ln(y_i!) + y_i \ln \hat{\theta}_i \mu_i - (y_i + \hat{\theta}_i^{-1}) \ln(1 + \hat{\theta}_i \mu_i) \right]$$

Dengan  $\hat{\mu}_i = \exp(\sum_{l=0}^p \hat{\beta}_l(u_i, v_i) x_{il})$

Kriteria Penolakan : Tolak  $H_0$  jika nilai  $D(\hat{\beta}) > \chi^2_{(\alpha;p)}$  artinya bahwa paling tidak ada satu parameter model GWNBR yang signifikan berpengaruh.

c. Pengujian parameter secara parsial

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui parameter mana saja yang berpengaruh secara signifikan terhadap variabel respon pada tiap-tiap lokasi. Hipotesis yang digunakan dalam pengujian parameter model GWNBR adalah:

$$H_0: \beta_k(u_i, v_i) = 0$$

$$H_1: \beta_k(u_i, v_i) \neq 0$$

Statistik uji:

$$Z_{hit} = \frac{\hat{\beta}_k(u_i, v_i)}{se(\hat{\beta}_k(u_i, v_i))} \quad (2.28)$$

Kriteria Penolakan: Tolak  $H_0$  jika nilai  $|Z_{hit}| > Z_{\alpha/2}$  artinya bahwa parameter  $k$  berpengaruh secara signifikan terhadap variabel respon pada tiap-tiap lokasi (Ricardo dan Carvalho, 2013).

## 2.5 Uji Korelasi dan Multikolinieritas

### 2.5.1 Uji Korelasi

Menurut Draper dan Smith (1992), koefisien korelasi merupakan suatu indikator dalam hubungan linier antara 2 variabel. Koefisien korelasi antara  $Y_1$  dan  $Y_2$  dijabarkan dengan persamaan 2.29 sebagai berikut.

$$\hat{\rho}_{Y_1Y_2} = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_{1i} - \bar{Y}_1)(Y_{2i} - \bar{Y}_2)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_{1i} - \bar{Y}_1)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_{2i} - \bar{Y}_2)^2}} \quad (2.29)$$

Pada koefisien korelasi terdapat dua hubungan, yaitu positif dan negatif. Nilai positif dan negatif ini disebabkan nilai korelasi berkisar antara -1 hingga 1. Apabila nilai korelasi mendekati 1, baik positif maupun negatif, hal tersebut berarti kedua variabel memiliki hubungan yang erat. Nilai korelasi 0 menunjukkan bahwa kedua variabel tidak memiliki hubungan erat. Nilai korelasi yang positif menunjukkan adanya hubungan berbanding lurus pada 2 variabel, sedangkan nilai korelasi yang negatif menunjukkan hubungan yang berbanding terbalik. Berikut adalah pengujian hipotesis untuk korelasi variabel respon.

$H_0 : \rho_{Y_1Y_2} = 0$  (Tidak ada hubungan antara  $Y_1$  dan  $Y_2$ )

$H_1 : \rho_{Y_1Y_2} \neq 0$  (Terdapat hubungan antara  $Y_1$  dan  $Y_2$ )

Statistik uji :

$$t = \frac{\hat{\rho}_{Y_1Y_2} \sqrt{n-2}}{\sqrt{1 - \hat{\rho}_{Y_1Y_2}^2}} \quad (2.30)$$

Jika  $|t_{hitung}| > t_{(\alpha/2, n-2)}$  maka  $H_0$  ditolak.

### 2.5.2 Multikolinieritas

Salah satu syarat yang harus dipenuhi dalam pembentukan model regresi dengan beberapa variabel adalah tidak ada kasus multikolinieritas. Multikolinieritas adalah kondisi terdapatnya hubungan linier atau korelasi yang tinggi antara satu variabel prediktor dengan variabel prediktor yang lain. Dalam model regresi, adanya korelasi antar variabel prediktor menyebabkan estimasi parameter regresi yang dihasilkan akan memiliki error yang sangat besar. Pendeteksian kasus multikolinieritas menurut Hocking (1996) dapat dilihat melalui beberapa cara yaitu sebagai berikut:



1. Jika koefisien korelasi Pearson ( $r_{ij}$ ) antar variabel prediktor lebih dari 0,95 maka terdapat korelasi antar variabel tersebut.
2. Nilai VIF (*Varian Inflation Factor*) lebih besar dari 10 menunjukkan adanya multikolinieritas antar variabel prediktor. Nilai VIF dinyatakan sebagai berikut:

$$VIF_k = \frac{1}{1-R_k^2} \quad , \quad (2.31)$$

Dengan  $R_k^2$  adalah koefisien determinasi antara  $x_k$  dengan variabel prediktor lainnya.

Solusi untuk mengatasi adanya kasus multikolinieritas yaitu dengan mengeluarkan variabel prediktor yang tidak signifikan dalam model atau dengan cara mengelompokkan variabel yang saling berkorelasi cukup tinggi dalam sebuah komponen yang membentuk variabel baru yaitu menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA), sehingga mereduksi banyaknya dimensi regresi dan antar variabel baru tersebut tidak saling berkorelasi cukup tinggi.

## 2.6 Metode *Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic*

*Spatial Scan Statistic* merupakan salah satu metode statistik yang digunakan untuk mendeteksi *cluster* pada sebuah lokasi yang berupa titik maupun data agregat. Beberapa metode *Scan Statistic* antara lain *Circular Spatial Scan Statistic* yang diperkenalkan oleh Martin Kulldorf tahun 1997, *Upper Level Set Scan Statistic* (*Noncircular Spatial Scan Statistic*) yang diperkenalkan oleh Patil dan Taillie tahun 2003, dan metode *Flexibly Spatial Scan Statistic* yang diperkenalkan pertama kali oleh Toshiro Tango dan Kunihiro Takahashi pada tahun 2005.

Metode *Flexibly Spatial Scan Statistic* mempunyai *power* lebih tinggi daripada metode *Circular Spatial Scan Statistic* saat *cluster* yang dideteksi adalah *non-circular* dan fleksibel terhadap bentuk kantong yang dihasilkan sehingga tidak terbatas pada bentuk lingkaran saja (Tango dan Takahashi, 2005). Untuk mendeteksi *hotspot* dengan metode *Flexibly Spatial Scan Statistic*, pada awalnya suatu daerah dibagi menjadi  $n$  daerah

seperti kabupaten dan sebagainya. Jumlah kasus yang ada di wilayah  $i$  dilambangkan dengan  $Y_i$  dengan nilai yang diamati  $i=1,2,\dots,n$  diasumsikan saling bebas dan mengikuti sebaran Poisson dengan fungsi peluang seperti persamaan (2.1). Untuk menentukan letak geografis masing-masing daerah digunakan titik koordinat pusat penduduk administrasi.

Pada awalnya, *Flexibly Scan Statistic* ditempatkan pada kantong yang tidak teratur (*irregularly shaped*) pada setiap wilayah. *Window* ke- $i$  dilambangkan dengan  $W_i$  yang merupakan kumpulan wilayah  $i$  dan wilayah-wilayah yang berbatasan dengan wilayah  $i$  yang kemudian disusun himpunan  $Z$  yang bentuknya tidak teratur dengan panjang  $l$  pada setiap wilayah, terdiri atas  $l$  wilayah (termasuk kecamatan  $i$ ).  $Z$  merupakan himpunan bagian dari  $W$  dan panjangnya mulai dari 1 sampai panjang maksimum  $L$  (*pre-set maximum L*). untuk menghindari pendeteksian kantong yang bentuknya aneh (*unlikely peculiar shape*), wilayah yang berbatasan dibatasi sebagai himpunan bagian dari wilayah  $i$  dan  $(L-1)$  wilayah sekitar yang terdekat dengan wilayah  $i$  dimana  $L$  adalah *pre-specified maximum length* dari *cluster*. Selanjutnya akan terbentuk  $Z$  yang berbeda-beda dan saling *overlapping* (tumpang tindih). Misalkan  $Z_{il(m)}$ ,  $m=1, \dots, m_{il}$  melambangkan  $Z$  ke- $m$  yang merupakan himpunan  $l$  wilayah yang berhubungan dimulai dari wilayah  $i$ , dimana  $m_{il}$  adalah jumlah  $m$  yang memenuhi  $Z_{il(m)} \subseteq Z_{il}$  untuk  $l = 1, 2, \dots, L$ , Kemudian semua  $Z$  yang diperiksa dimasukkan dalam himpunan berikut.

$$Z = \{Z_{il(m)} | 1 \leq i \leq n, 1 \leq l \leq L, 1 \leq m \leq m_{il}\} \quad (2.32)$$

Algoritma yang digunakan untuk mendapatkan  $Z$  dengan *pre-specified maximum length*  $L$  (Tango dan Takahashi, 2005) adalah sebagai berikut.

1. Pertama, membuat sebuah matriks  $A = (a_{ih})$  berukuran  $n \times n$  sedemikian hingga

$$a_{ih} = \begin{cases} 1 & , \text{jika wilayah } i \text{ dan } h \text{ bersebelahan atau contiguity} \\ 0 & , \text{untuk lainnya} \end{cases}$$

dan set  $Z_2 = \emptyset$  dan  $i_0 = 0$

2. Misalkan  $i_0 \leftarrow i_0 + 1$  dan  $i_0$  ( $=1,2,\dots,m$ ) menjadi wilayah awal. Kemudian dibentuk  $W_{i_0}$  yang terdiri dari  $(L-1)$  *nearest neighbours* ke wilayah awal  $i_0$  dan  $i_0$  sendiri, sebagai contoh  $W_{i_0} = \{ i_0, i_1, \dots, i_{L-1} \}$  dimana  $i_l$  adalah wilayah ke- $l$  terdekat terhadap  $i_0$ .
3. Pertimbangkan semua himpunan  $Z \subset W_{i_0}$ , dimana termasuk wilayah awal  $i_0$ . Untuk himpunan  $Z$  lainnya, ulangi langkah 4-7.
4. Bagi himpunan  $Z$  menjadi dua disjoint :  $Z_0 = \{i_0\}$  dan  $Z_1$  dimana berisi wilayah lain yang terdapat dalam  $Z$ .
5. Buat dua himpunan baru  $Z'_0$  dan  $Z'_1$ .  $Z'_0$  terdiri dari wilayah  $Z_1$  yang berbatasan dengan wilayah  $Z_0$ . Di sisi lain,  $Z'_1$  terdiri dari wilayah  $Z_1$  yang tidak berbatasan dengan wilayah  $Z_0$ . Kemudian, ganti  $Z_0$  dan  $Z_1$  dengan  $Z'_0$  dan  $Z'_1$ .
6. Ulangi langkah 5 secara rekursif sampai  $Z_0$  dan  $Z_1$  menjadi himpunan kosong.
7. Buat kesimpulan sebagai berikut.  
 $Z$  dikatakan berhubungan (*connected*) ketika  $Z_1$  menjadi himpunan kosong terlebih dahulu dan tidak berhubungan ketika  $Z_0$  menjadi himpunan kosong terlebih dahulu, maka  $Z$  dimasukkan dalam set  $Z$ . Jika  $Z$  tidak berhubungan maka  $Z$  dibuang.
8. Ulangi langkah 2-7 sampai pada akhirnya diperoleh himpunan  $Z$  yang terdiri dari  $Z$  berbentuk tertentu dengan *maximum length* adalah  $L$ .

### 2.6.1 Likelihood Ratio Test dan Pengujian Hipotesis Monte Carlo

Untuk setiap wilayah  $i$  dan panjang dari *scanning window*, hipotesis alternatifnya adalah minimal ada satu *window Z* yang mempunyai peluang resiko lebih tinggi (*elevated risk*) daripada di luar *window*. Dengan kata lain, hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$H_0 : E(Y(\mathbf{Z})) = \mu(\mathbf{Z}) \text{ untuk semua } \mathbf{Z}$$

$H_1 : E(Y(\mathbf{Z})) > \mu(\mathbf{Z})$  untuk beberapa  $\mathbf{Z}$

dimana  $Y(.)$  melambangkan jumlah kasus yang random dan  $\mu(.)$  merupakan nilai harapan dari kasus *window* tertentu.

Pada setiap *window*, dapat dihitung *likelihood* untuk mengetahui jumlah kasus di dalam dan di luar *window*. Persamaan *likelihood* untuk setiap *window* dengan mengikuti distribusi binomial negatif, uji statistik yang disusun dengan *likelihood ratio test* (Kulldorff, 1997) adalah sebagai berikut.

$$\lambda = \sup_{\mathbf{Z} \in Z} \left\{ \left( \frac{y(\mathbf{Z})}{\mu(\mathbf{Z})} \right)^{n(\mathbf{Z})} \left( \frac{y(\mathbf{Z}^c)}{\mu(\mathbf{Z}^c)} \right)^{n(\mathbf{Z}^c)} I \left( \frac{y(\mathbf{Z})}{\mu(\mathbf{Z})} > \frac{y(\mathbf{Z}^c)}{\mu(\mathbf{Z}^c)} \right) \right\} \quad (2.33)$$

dimana  $\mathbf{Z}^c$  melambangkan semua wilayah di luar *window*  $\mathbf{Z}$ , dan  $y(.)$  melambangkan jumlah kasus dalam *window* yang ditentukan dan  $I(.)$  merupakan fungsi indikator. Ketika memeriksa kantong dengan *high rates*, maka  $I(.)$  memiliki nilai 1 jika  $\mathbf{Z}$  memiliki peluang lebih besar dan 0 jika lainnya.

Uji statistik yang dilakukan menggunakan pengujian hipotesis Monte Carlo. *P-value* diperoleh dengan membandingkan *rank* dari *likelihood* yang maksimal dari data yang sebenarnya dengan *likelihood* yang maksimal dari himpunan data acak. Jika *rank* dilambangkan dengan  $R$  maka  $p\text{-value} = R/(1+\#\text{simulasi})$  dimana  $\#\text{simulasi}$  menunjukkan banyaknya replikasi yang digunakan.

Prosedur untuk mendapatkan *p-value* dengan pendekatan *Monte Carlo* adalah sebagai berikut.

1. Hitung penjumlahan nilai *log likelihood ratio* tertinggi  $t_0$  untuk data riil.
2. Membangun data acak yang ukurannya sama dengan data riil yang dibangun di bawah kondisi  $H_0$ .
3. Melakukan proses pembentukan *scanning window*  $\mathbf{Z}$  dari data acak yang dibangun berdasarkan kondisi  $H_0$ .
4. Mencari nilai *log likelihood ratio* dari setiap *scanning window*, dan dicatat apakah jumlah kasus yang diamati lebih besar atau lebih kecil dari yang diestimasi, kemudian menjumlahkan nilai *log likelihood ratio* yang jumlah kasusnya lebih besar dari jumlah yang diestimasi, untuk setiap *scanning window*.

Langkah selanjutnya, mendapatkan penjumlahan nilai *log likelihood ratio* yang tertinggi dari simulasi pertama pembangunan data acak tersebut.

5. Mengulang langkah 2, 3, dan 4 sebanyak  $m$  kali pengulangan/simulasi, sehingga memperoleh  $m$  penjumlahan nilai *log likelihood ratio* tertinggi dari data acak dan data riil.
6. Hitung  $p$ -value,  $p = \frac{\text{banyaknya } (T(x) \geq t_0)}{m+1}$

$t_0$  menyatakan penjumlahan nilai *log likelihood ratio* tertinggi yang dimiliki suatu *scanning window Z* dari data riil.  $T(x)$  adalah penjumlahan nilai *log likelihood ratio* dari data acak yang dibangun di bawah kondisi  $H_0$ .  $m$  adalah banyaknya simulasi untuk membangun data di bawah kondisi  $H_0$ .

Kantong-kantong yang terbentuk (*window Z*) diurutkan berdasarkan nilai *likelihood*-nya dan *window Z* yang memiliki nilai *likelihood* lebih besar daripada yang lain dan nyata pada tingkat signifikansi tertentu akan membentuk *hotspot*. Sedangkan kantong-kantong yang memiliki maksimum *likelihood* didefinisikan sebagai *most likely cluster* (MLC).

## 2.7 Demam Berdarah Dengue (DBD)

Demam Berdarah *Dengue* (DBD) adalah penyakit yang disebabkan oleh virus *Dengue* dari genus *Flavivirus*, family *Flaviviridae* melalui gigitan nyamuk *Aedes aegypti* dan *Aedes albopictus*. Adapun nyamuk *Aedes aegypti* memiliki kemampuan terbang mencapai radius 100-200 meter. Oleh karena itu, jika di suatu lingkungan terkena kasus DBD, maka masyarakat yang berada pada radius tersebut harus waspada.

Virus ini muncul akibat pengaruh musim atau alam serta perilaku manusia. Penyakit DBD pertama kali di Indonesia ditemukan di Surabaya (Jawa Timur) pada tahun 1968 dan menyebar ke berbagai daerah. Pada tahun 1980 telah diketahui bahwa seluruh provinsi di Indonesia telah terjangkit DBD, kecuali Timor-Timur. Peningkatan jumlah kasus dan wilayah yang terjangkit disebabkan oleh semakin baiknya sarana transportasi

penduduk, adanya pemukiman baru, kurangnya kesadaran manusia terhadap pembersihan sarang nyamuk, terdapatnya vector nyamuk hampir hampir di seluruh pelosok tanah air dan adanya sel tipe virus yang bersikulasi sepanjang tahun. Penyakit ini juga dapat diderita oleh orang yang sebagian besar tinggal di lingkungan lembab dan pinggiran kumuh.

Nyamuk *Aedes aegypti* lebih menyukai tempat yang gelap, berbau, dan lembap. Tempat perindukan yang sering dipilih *Aedes aegypti* adalah kawasan yang padat dengan sanitasi yang kurang memadai, terutama digenakan air dalam rumah, seperti pot, vas bunga, bak mandi atau tempat penyimpanan air lainnya seperti tempayan, drum, atau ember plastik (Tobing, 2011).

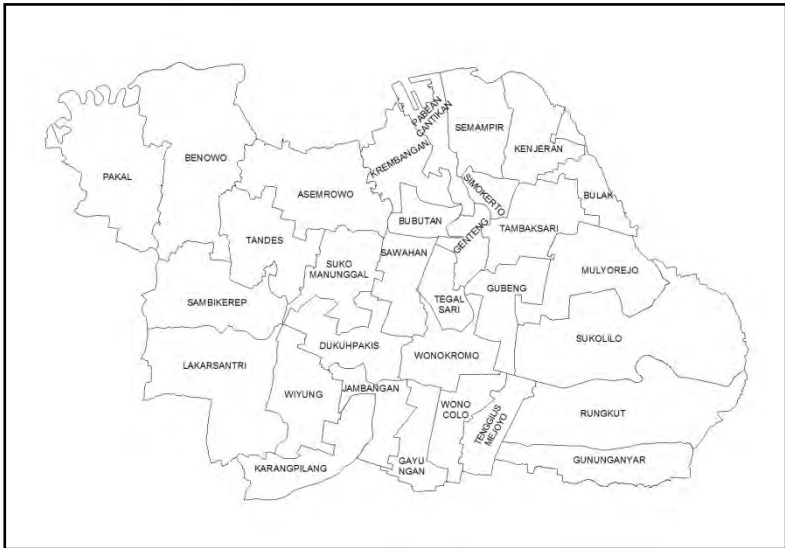
Menurut Notoatmodjo (2003), faktor lingkungan memegang peranan penting dalam penularan penyakit, terutama lingkungan rumah yang tidak memenuhi syarat. Lingkungan rumah merupakan salah satu faktor yang memberikan pengaruh besar terhadap status kesehatan penghuninya.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Sumber Data**

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari Dinas Kesehatan Kota Surabaya dan Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2013 dengan unit penelitian berupa data setiap kecamatan di Kota Surabaya (31 Kecamatan). Mengingat data yang digunakan adalah data sekunder, diasumsikan bahwa alat ukur (kuesioner) yang digunakan telah tervalidasi dan petugas telah mengisi dengan benar. Data selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 1 dengan data lintang dan bujur pada Lampiran 2.



**Gambar 3.1** Peta Kota Surabaya

#### **3.2 Variabel Penelitian**

Varibel penelitian yang digunakan pada penelitian ini terbagi dua yaitu variabel respon (y) atau variabel dependen dan variabel prediktor (x) atau independen dengan unit penelitian

setiap kecamatan di Surabaya tahun 2013. Berikut merupakan penjelasan setiap variabel yang akan digunakan:

**Tabel 3.1** Variabel Penelitian

Variabel	Keterangan
Y	Jumlah kasus Demam Berdarah <i>Dengue</i> di tiap kecamatan
X <sub>1</sub>	Persentase rumah/bangunan bebas jentik nyamuk Aedes
X <sub>2</sub>	Persentase rumah tangga miskin
X <sub>3</sub>	Persentase rumah tangga berperilaku hidup bersih dan sehat (PHBS)
X <sub>4</sub>	Kepadatan Penduduk
X <sub>5</sub>	Persentase rumah sehat
X <sub>6</sub>	Rasio tenaga medis (dokter umum)
X <sub>7</sub>	Persentase rumah tangga yang memiliki tempat sampah sehat
X <sub>8</sub>	Rasio sarana kesehatan Puskesmas
$u_i$	Lintang (longitude) kecamatan ke-i
$v_i$	Bujur (latitude) kecamatan ke-i

1. Persentase Rumah/Bangunan Bebas Jentik Nyamuk Aedes (X<sub>1</sub>)  
Merupakan hasil bagi antara jumlah rumah/bangunan yang bebas jentik nyamuk Aedes terhadap jumlah bangunan yang dipantau di tiap kecamatan di kota Surabaya dikalikan dengan 100%.
2. Persentase Rumah Tangga Miskin (X<sub>2</sub>)  
Merupakan hasil bagi antara jumlah rumah tangga miskin terhadap jumlah rumah tangga seluruhnya dikalikan 100%.
3. Persentase rumah tangga yang berperilaku hidup bersih dan sehat (PHBS) (X<sub>3</sub>)  
Merupakan hasil bagi dari jumlah rumah tangga yang berperilaku hidup bersih dan sehat terhadap jumlah rumah tangga yang dipantau di tiap kecamatan di kota Surabaya dikalikan dengan 100%.
4. Kepadatan Penduduk (X<sub>4</sub>)



Merupakan hasil bagi dari jumlah penduduk terhadap luas wilayah di tiap kecamatan di Kota Surabaya dalam satuan (orang/km<sup>2</sup>).

5. Persentase rumah sehat ( $X_5$ )

Merupakan hasil bagi antara jumlah rumah kategori sehat dengan jumlah rumah yang dipantau dikalikan 100%.

6. Rasio tenaga kesehatan (dokter umum) ( $X_6$ )

Rasio antara jumlah dokter umum dengan jumlah penduduk di suatu wilayah. Menurut standar WHO, satu dokter umum melayani 2.500 penduduk. Berikut merupakan perhitungan rasio dokter umum:

$$Rasio = \frac{\text{jumlah dokter umum}}{\text{jumlah penduduk}} \times 2.500$$

7. Persentase rumah tangga yang memiliki tempat sampah sehat ( $X_7$ )

Merupakan hasil bagi antara jumlah rumah yang memiliki tempat sampah sehat dengan jumlah rumah yang dipantau dikalikan 100%.

8. Rasio sarana kesehatan (Puskesmas) ( $X_8$ )

Rasio antara jumlah dokter umum dengan jumlah penduduk di suatu wilayah. Menurut standar Dinas Kesehatan, satu Puskesmas melayani 30.000 penduduk. Berikut merupakan perhitungan rasio dokter umum:

$$Rasio = \frac{\text{jumlah Puskesmas}}{\text{jumlah penduduk}} \times 30.000$$

### 3.3 Langkah Analisis Data

Langkah-langkah dalam analisis data ini adalah sebagai berikut.

1. Mendeskripsikan karakteristik jumlah kasus DBD dan faktor-faktor yang mempengaruhinya di Kota Surabaya pada tahun 2013 menggunakan pemetaan wilayah untuk masing-masing variabel.
2. Pengujian kasus multikolinieritas berdasarkan kriteria koefisien korelasi dan VIF.
3. Menganalisis model regresi Poisson dengan 3 langkah berikut.

- a. Penaksiran parameter model regresi Poisson menggunakan metode MLE.
  - b. Menguji signifikansi parameter model regresi Poisson secara serentak dan parsial.
  - c. Melakukan uji dispersi model regresi Poisson.
4. Menganalisis model regresi Binomial Negatif dengan langkah sebagai berikut.
  - a. Penaksiran parameter model Binomial Negatif dengan metode *MLE*.
  - b. Menguji signifikansi parameter model Binomial Negatif secara serentak dan parsial.
5. Memodelkan GWNBR untuk kasus DBD di Kota Surabaya pada tahun 2013, dengan langkah-langkah sebagai berikut.
  - a. Uji *Breusch-Pagan* untuk melihat heterogenitas spasial data dan uji Moran I untuk menguji dependensi spasial data.
  - b. Menghitung jarak *Euclidean* antar lokasi pengamatan berdasarkan posisi geografis.
  - c. Mendapatkan *bandwidth* optimal untuk setiap lokasi pengamatan dengan menggunakan *Cross Validation (CV)*.
  - d. Menghitung matrik pembobot dengan menggunakan fungsi kernel *adaptive bisquare kernel*.
  - e. Melakukan intepretasi model GWNBR yang didapatkan dan membentuk peta pengelompokkan.
  - f. Melakukan pemilihan model terbaik menggunakan AIC.
  - g. Membuat prediksi jumlah kasus DBD per kecamatan ( $\hat{y}_i$ ) berdasarkan model terbaik yang didapatkan.
6. Langkah-langkah untuk mendeteksi kantong DBD pada tingkat kecamatan di Kota Surabaya dengan pendekatan *Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic* adalah sebagai berikut.
  - a. Mengambil data hasil prediksi jumlah DBD per kecamatan ( $\hat{y}_i$ ) berdasarkan model terbaik sebagai populasi. Selain itu, mengambil data spasial yang berupa titik koordinat masing-masing kecamatan.

- b. Mengidentifikasi kandidat cluster/hotspot dengan algoritma yang ada di metode *Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic*.
- c. Menetapkan maximum number yang digunakan pada metode *Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic*.
- d. Menghitung jumlah populasi dan jumlah kasus untuk setiap cluster.
- e. Menghitung *log likelihood function* dari setiap cluster kemudian menguji signifikansi cluster dengan simulasi Monte Carlo untuk mendapatkan *p-value*.
- f. Menghitung resiko relatif setiap cluster.
- g. Membuat peta kantong DBD berdasarkan cluster yang signifikan pada  $\alpha = 0,05$ .
- h. Menginterpretasikan hasil.
- i. Membuat deskripsi kantong DBD sehingga diperoleh prioritas lokasi pengentasan pengentasan DBD dan faktor-faktor yang signifikan mempengaruhi.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB IV**

### **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini akan dibahas hasil analisis untuk menjawab rumusan masalah pada penelitian ini yang meliputi statistika deskriptif data jumlah kasus Demam Berdarah *Dengue* tahun 2013 beserta variabel variabel yang diduga mempengaruhi, analisis multikolinieritas, analisis regresi poisson, mendeteksi adanya kasus overdispersi, analisis regresi binomial negatif untuk menangani kasus overdispersi, analisis regresi *Geographically Weighted Negative Binomial*, dan dilanjutkan analisis *Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic* untuk mendapatkan kantong-kantong DBD di Surabaya tahun 2013.

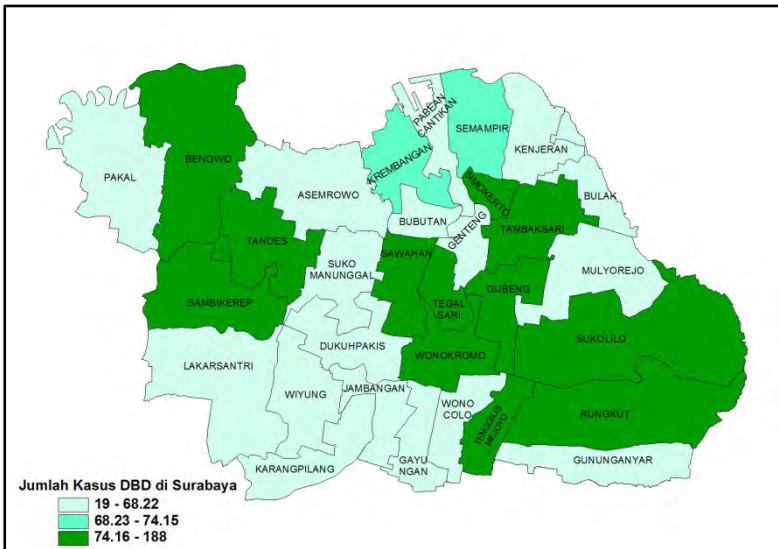
#### **4.1 Deskriptif Jumlah Kasus Demam Berdarah *Dengue* di Surabaya Tahun 2013 dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhinya**

Jumlah kasus DBD dan kedelapan faktor yang diduga mempengaruhinya akan dikelompokkan menjadi tiga kelompok yaitu kelompok rendah, sedang, dan tinggi. Berikut ini merupakan pemetaan dari variabel yang digunakan dalam penelitian.

##### **4.1.1 Jumlah Kasus Demam Berdarah *Dengue***

Jumlah kasus DBD di Surabaya tahun 2013 mengalami kenaikan hingga menjadi 2.207 kasus. Kasus DBD di Surabaya mempunyai pola yang menyebar. Penemuan jumlah kasus DBD tertinggi terdapat di Kecamatan Sawahan, yaitu sebanyak 188 kasus. Sedangkan penemuan jumlah kasus DBD terendah terdapat di Kecamatan Bulak, yaitu sebanyak 19 kasus.

Sebagai gambaran awal mengenai jumlah kasus DBD di Surabaya tahun 2013, berikut ini merupakan peta persebaran jumlah kasus DBD di Surabaya yang dibagi dalam tiga kelompok yaitu kelompok rendah, sedang, dan tinggi.

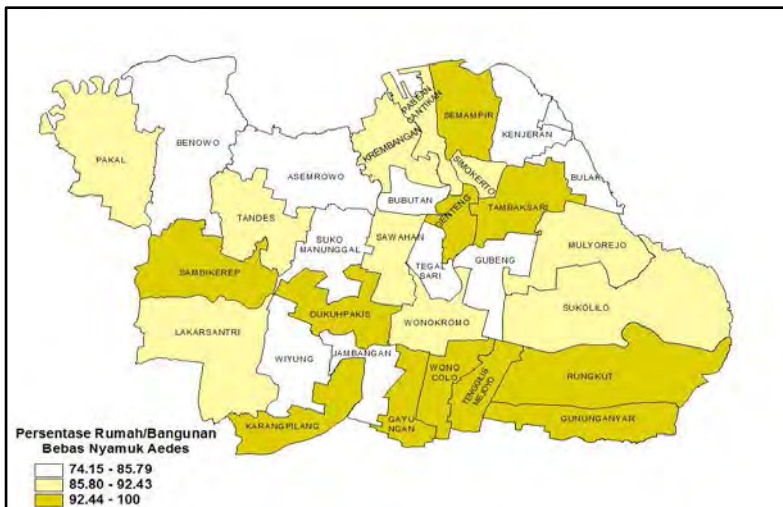


**Gambar 4.1** Persebaran DBD di Surabaya

Jumlah kasus DBD di Surabaya dari tahun 2012 hingga tahun 2013 mengalami kenaikan. Pada tahun 2012 jumlah DBD di Surabaya tercatat ada 1.091 kasus dan meningkat menjadi 2.207 kasus pada tahun 2013. Peta persebaran pada Gambar 4.1 menunjukkan bahwa kecamatan yang memiliki jumlah kasus DBD tergolong tinggi adalah kecamatan Benowo, Tandes, Sambikerep, Sawahan, Tegalsari, Wonokromo, Simokerto, Tambaksari, Gubeng, Sukolilo, Rungkut, dan Tenggilis Mejoyo dengan tingkat kasus 74,16-188 kasus. Kecamatan yang memiliki jumlah kasus DBD tergolong rendah adalah kecamatan Pakal, Lakarsantri, Asemrowo, Sukomanunggal, Dukuh Pakis, Wiyung, Karangpilang, Jambangan, Gayungan, Wonocolo, Kenjeran, Bulak, Mulyorejo, dan Gunung Anyar dengan tingkat kasus 19-68,22 kasus DBD. Tingkat kematian yang rendah di daerah kota diduga karena jumlah penduduk yang tidak terlalu padat di wilayah tersebut.

#### 4.1.2 Persentase Rumah/Bangunan Bebas Jentik Nyamuk *Aedes*

DBD merupakan penyakit menular yang disebabkan oleh gigitan nyamuk *Aedes Aegypti*. Menurut KemenKes RI setiap rumah harus melakukan 3M plus, yaitu pertama menguras bak mandi, ember air, tempat penampungan air minum, penampungan air lemari es, dan lain-lain, kedua menutup rapat-rapat tempat-tempat penampungan air seperti drum, kendi, toren air, dan ketiga memanfaatkan atau mendaur ulang barang bekas yang memiliki potensi untuk jadi tempat perkembangbiakan nyamuk. Adapun yang dimaksud Plus adalah segala sesuatu bentuk kegiatan pencegahan seperti menaburkan larvasida, menggunakan anti nyamuk, menanam tanaman pengusir nyamuk, mengatur cahaya dan ventilasi rumah, dan sebagainya. Berikut ini adalah penyebaran persentase rumah/bangunan bebas jentik nyamuk *Aedes*.



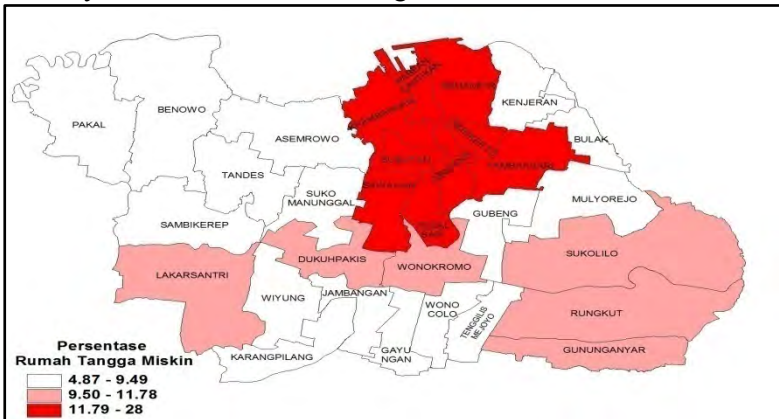
**Gambar 4.2** Persebaran Persentase Rumah/Bangunan Bebas Jentik Nyamuk *Aedes*

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa kategori dengan persentase rumah/bangunan bebas jentik nyamuk *Aedes* yang

rendah yang ditandai dengan warna daerah putih adalah kecamatan Benowo, Asemrowo, Sukomanunggal, Wiyung, Jambangan, Bubutan, Tegalsari, Gubeng, Kenjeran, dan Bulak dengan persentase rumah bebas jentik antara 74,15 persen hingga 85,79 persen . Sedangkan pada daerah yang berwarna kuning tua yaitu kecamatan Sambikerep, Dukuh Pakis, Karangpilang, Gayungan, Wonocolo, Tenggilis Mejoyo, Rungkut, Gunung Anyar, Genteng, Tambaksari, Semampir merupakan daerah yang persentase rumah bebas jentik diatas 92,44 persen.

#### 4.1.3 Persentase Rumah Tangga Miskin

Penyebaran persentase rumah tangga miskin di kota Surabaya tahun 2013 adalah sebagai berikut.



**Gambar 4.3** Persebaran Persentase Rumah Tangga Miskin

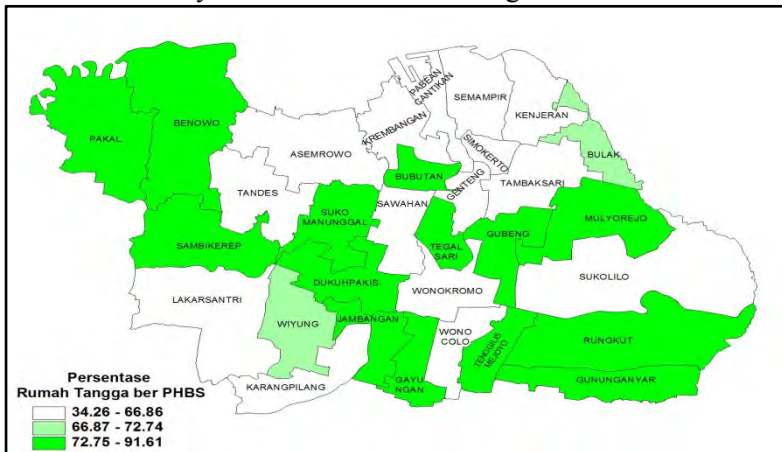
Gambar 4.3 menunjukkan bahwa kategori dengan persentase rumah tangga miskin yang rendah yang ditandai dengan warna daerah putih kemerahan adalah kecamatan Pakal, Benowo, Tandes, Sambikerep, Asemrowo, Sukomanunggal, Wiyung, Karangpilang, Jambangan, Gayungan, Wonocolo, Tenggilis Mejoyo, Gubeng, Mulyorejo, Bulak, dan Kenjeran dengan persentase rumah tangga miskin antara 4,87 persen hingga 9,49 persen . Sedangkan pada daerah yang berwarna merah tua



yaitu kecamatan Pabean Cantikan, Semampir, Simokerto, Krembangan, Bubutan, Genteng, Tambaksari, Sawahan, dan Tegalsari merupakan daerah yang persentase rumah tangga miskin diatas 11,79 persen.

#### 4.1.4 Persentase Rumah Tangga ber-PHBS

Rumah tangga yang berperilaku hidup bersih dan sehat dapat mengurangi resiko terkena penyakit DBD karena pola hidup yang bersih dan sehat. Penyebaran persentase rumah tangga ber-PHBS di Surabaya tahun 2013 adalah sebagai berikut.



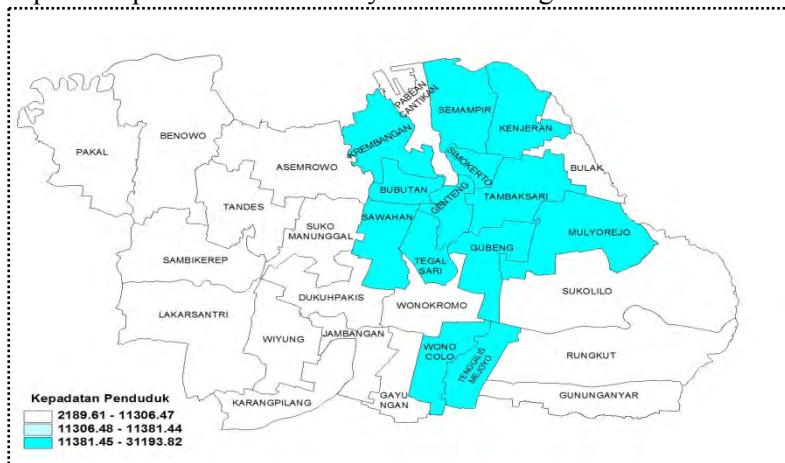
**Gambar 4.4** Persebaran Persentase Rumah Tangga ber-PHBS

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa kategori dengan persentase rumah tangga ber-PHBS yang rendah yang ditandai dengan warna daerah putih adalah kecamatan Tandes, Asemrowo, Krembangan, Pabean Cantikan, Semampir, Kenjeran, Simokerto, Genteng, Tambaksari, Sawahan, Wonokromo, Wonocolo, Sukolilo, Lakarsantri, dan Karangpilang dengan persentase rumah tangga ber-PHBS antara 34,26 persen hingga 66,86 persen. Sedangkan pada daerah yang berwarna hijau yaitu kecamatan Pakal, Benowo, Sambikerep, Sukomanunggal, Dukuh Pakis, Bubutan, Tegalsari, Gubeng, Mulyorejo, Jambangan, Gayungan,

Tenggilis Mejoyo, Rungkut, dan Gunung Anyar merupakan daerah yang persentase rumah tangga ber-PHBS diatas 72,75 persen.

#### 4.1.5 Kepadatan Penduduk

Nyamuk *Aedes Aegypti* sangat menyukai tempat yang padat penduduk dan kumuh. Penyakit DBD sendiri merupakan penyakit menular, sehingga semakin padat penduduk suatu wilayah maka diduga jumlah kasus DBD akan semakin tinggi. Penyebaran kepadatan penduduk di Surabaya adalah sebagai berikut.

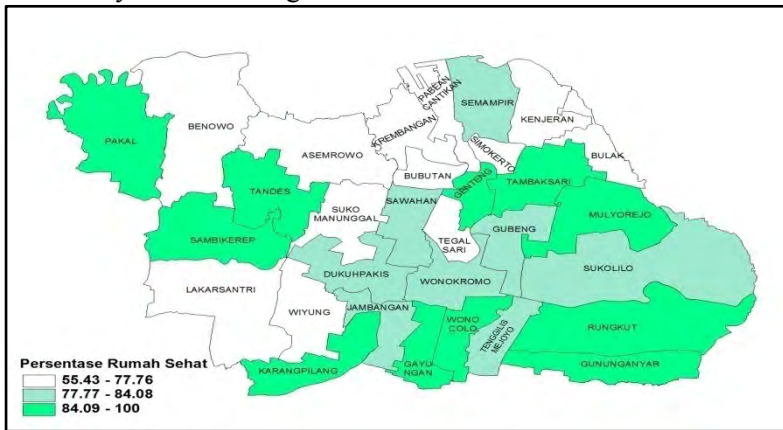


**Gambar 4.5** Persebaran Kepadatan Penduduk

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa kategori dengan kepadatan penduduk yang tinggi berwarna biru laut yaitu kecamatan Krembangan, Semampir, Kenjeran, Simokerto, Bubutan, Genteng, Tambaksari, Sawahan, Tegalsari, Gubeng, Mulyorejo, Wonocolo dan Tenggilis Mejoyo merupakan daerah yang kepadatan penduduknya diatas 11381,45 jiwa/km<sup>2</sup>. Sedangkan kecamatan lainnya merupakan kecamatan dengan kepadatan penduduk yang tergolong rendah.

#### 4.1.6 Persentase Rumah Sehat

Rumah sehat adalah bangunan rumah tinggal yang memenuhi syarat kesehatan, yaitu rumah yang memiliki jamban yang sehat, sarana air bersih, tempat pembuangan sampah, sarana pembuangan air limbah, ventilasi rumah yang baik, kepadatan hunian rumah yang sesuai dan lantai rumah yang tidak terbuat dari tanah. Rumah yang tidak memenuhi syarat kesehatan merupakan faktor risiko sumber penularan berbagai jenis penyakit khususnya penyakit menular. Penyebaran persentase rumah sehat di Surabaya adalah sebagai berikut.

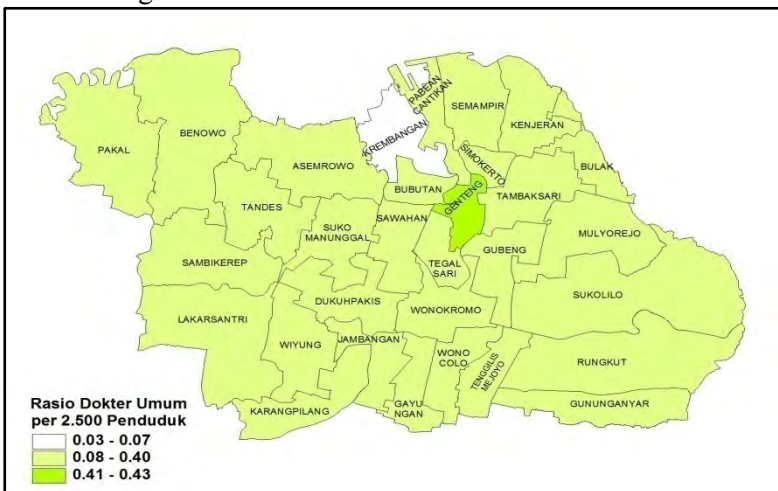


**Gambar 4.6** Persebaran Persentase Rumah Sehat

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa kategori dengan persentase rumah sehat yang rendah yang ditandai dengan warna daerah putih adalah kecamatan Benowo, Asemrowo, Krembangan, Pabean Cantikan, Bubutan, Simokerto, Tegalsari, Sukomanunggal, Kenjeran, Bulak, Lakarsantri, dan Wiyung antara 55,43 persen hingga 77,76 persen . Sedangkan pada daerah yang berwarna hijau muda yaitu kecamatan Pakal, Sambikerep, Tandes, Sambikerep, Karangpilang, Gayungan, Wonocolo, Rungkut, Gunung Anyar, Mulyorejo, Genteng dan Tambaksari merupakan daerah yang persentase rumah sehatnya tergolong tinggi diatas 84,09 persen.

#### 4.1.7 Rasio Dokter Umum

Semakin banyaknya dokter umum di setiap kecamatan, maka dapat menangani penderita DBD dengan cepat. Selain itu, semakin banyak dokter semakin banyak penyuluhan tentang pemberantasan DBD. Rasio sebaran dokter terhadap penduduk berdasarkan standar Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) pemerintah menargetkan 1 dokter umum melayani 2.500 penduduk, sehingga rasio untuk satu dokter umum adalah 1:2.500. Penyebaran rasio dokter umum per 2.500 penduduk adalah sebagai berikut.

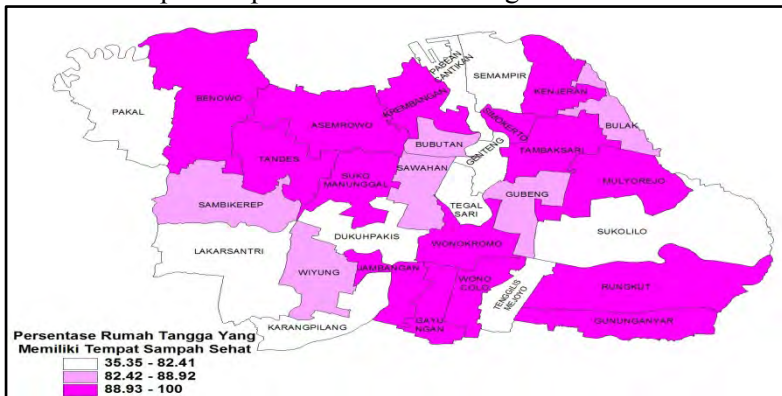


**Gambar 4.7** Persebaran Rasio Dokter Umum per 2.500 Penduduk

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa kategori dengan rasio dokter umum yang rendah ditandai dengan warna daerah putih adalah kecamatan Krembangan antara rasio 0,03 hingga 0,07. Sedangkan pada daerah yang berwarna hijau yaitu kecamatan Genteng merupakan daerah yang rasio dokter umum tergolong tinggi antara 0,41 hingga 0,53.

#### 4.1.8 Persentase Rumah Tangga yang memiliki Tempat Sampah Sehat

Tempat sampah sehat merupakan tempat pembuangan sampah yang konstruksinya memenuhi syarat-syarat kesehatan (ketentuan program). Rumah tangga yang memiliki tempat sampah sehat menunjukkan bahwa resiko terjangkit penyakit menular akan berkurang akan memiliki lingkungan yang bersih dan tidak kumuh. Penyebaran persentase rumah tangga yang memiliki tempat sampah sehat adalah sebagai berikut.

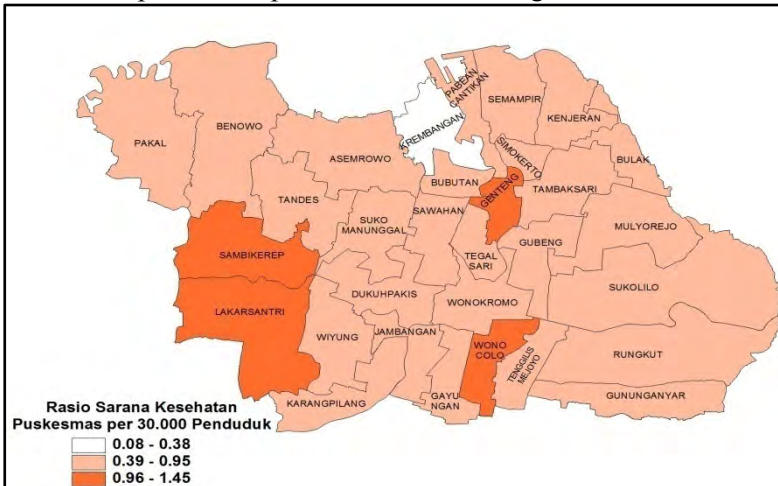


**Gambar 4.8** Persebaran Persentase Rumah Tangga yang Memiliki Tempat Sampah Sehat

Gambar 4.8 menunjukkan bahwa persentase rumah tangga yang memiliki tempat sampah sehat dengan kategori rendah yang ditandai dengan warna daerah putih adalah kecamatan Pakal, Lakarsantri, Karangpilang, Dukuh Pakis, Pabean Cantikan, Semampir, Genteng, Tegalsari, Tenggilis Mejoyo, dan Sukolilo dengan persentase antara 35,35 persen hingga 82,41 persen. Sedangkan pada daerah yang berwarna ungu tua yaitu kecamatan Benowo, Asemrowo, Krembangan, Tandes, Sukomanunggal, Kenjeran, Simokerto, Tambaksari, Mulyorejo, Rungkut, Gunung Anyar, Jambangan, Gayungan, Wonocolo, dan Wonokromo merupakan daerah yang persentase rumah tangga yang memiliki tempat sampah sehat tergolong tinggi diatas 88,93 persen.

#### 4.1.9 Rasio Sarana Kesehatan Puskesmas

Puskesmas merupakan salah satu fasilitas yang dibangun oleh pemerintah yang bertujuan untuk membantu pelayanan kesehatan masyarakat. Peranan puskesmas sangatlah penting, dengan adanya puskesmas, fasilitas kesehatan dapat dijangkau oleh berbagai kalangan masyarakat. Rasio sarana kesehatan puskesmas dihitung untuk mengetahui apakah suatu wilayah membutuhkan puskesmas tambahan atau tidak. Menurut Dinas Kesehatan satu Puskesmas melayani 30.000 penduduk, sehingga rasio untuk satu Puskesmas adalah 1:30.000. Penyebaran rasio Puskesmas per 30.000 penduduk adalah sebagai berikut.



**Gambar 4.9** Persebaran Rasio Puskesmas per 30.000 Penduduk

Gambar 4.9 menunjukkan bahwa kategori dengan rasio Puskesmas yang rendah yang ditandai dengan warna daerah putih adalah kecamatan Krembangan antara rasio 0,08 hingga 0,38. Sedangkan pada daerah yang berwarna oranye yaitu kecamatan Sambikerep, Lakarsantri, Wonocolo, dan Genteng merupakan daerah yang rasio Puskesmas tergolong tinggi antara 0,96 hingga 1,45.

## 4.2 Pemodelan Jumlah Kasus DBD di Surabaya Tahun 2013

Jumlah kasus DBD merupakan data *count* sehingga pembentukan modelnya menggunakan regresi poisson. Pada kasus ini diduga terjadi kasus *overdispersion* dan spasial sehingga metode yang cocok digunakan adalah *Geographically weighted negative binomial regression*. Software yang digunakan dalam pemodelan adalah software R.

### 4.2.1 Koefisien Korelasi dan Multikolinieritas

Sebelum melakukan analisis menggunakan metode Regresi Poisson, Regresi Binomial Negatif, dan *Geographically Weighted Negative Binomial Regression* (GWNBR) maka dilakukan pengujian multikolinieritas terhadap data yang digunakan untuk mengetahui apakah diantara variabel prediktor tidak memiliki korelasi yang tinggi. Salah satu cara untuk mendeteksi adanya kasus multikolinieritas, yaitu nilai VIF (*Variance Inflation Factor*). Berikut ini merupakan koefisien korelasi antara variabel prediktor. Hasil korelasi antar variabel prediktor selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 3a.

**Tabel 4.1** Koefisien Korelasi antar Variabel Prediktor

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
X2	0,070						
X3	0,001	-0,298					
X4	-0,131	0,501	-0,045				
X5	0,694	-0,217	0,130	-0,071			
X6	0,051	-0,077	-0,216	-0,156	0,162		
X7	-0,160	-0,042	0,038	0,176	-0,055	-0,005	
X8	0,028	-0,049	-0,117	-0,168	0,097	0,830	-0,043

Tanda positif atau negatif pada koefisien korelasi menunjukkan hubungan positif atau negatif antar dua variabel prediktor. Tabel 4.1 menunjukkan ada hubungan positif antara rasio dokter umum ( $X_6$ ) dan rasio sarana kesehatan Puskesmas ( $X_8$ ), karena lazimnya semakin banyak sarana kesehatan pasti bertambah pula dokter umum di puskesmas walaupun bukan hubungan sebab akibat.

**Tabel 4.2** Nilai VIF dari Variabel Prediktor

Variabel	VIF
X1	2,466
X2	1,891
X3	1,225
X4	1,631
X5	2,551
X6	3,573
X7	1,077
X8	3,348

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa nilai VIF dari masing-masing variabel prediktor memiliki nilai VIF kurang dari 10, yang artinya tidak terdapat kasus multikolinieritas. Sehingga dapat dilanjutkan ke pemodelan regresi poisson dan binomial negatif.

Hasil pemeriksaan multikolinieritas selengkapannya dapat dilihat pada Lampiran 3b.

#### 4.2.2 Perbandingan Model Regresi Poisson dan Binomial Negatif

Setelah dilakukan pemeriksaan kasus multikolinieritas antara variabel prediktor dilanjutkan pada pemodelan regresi poisson. Data jumlah kasus DBD diasumsikan berdistribusi poisson karena merupakan data diskrit (*count*). Berikut ini merupakan penaksiran parameter model regresi poisson.

**Tabel 4.3**Penaksiran Parameter Model Regresi Poisson

Parameter	Estimasi	Zhitung	Pr( Z >Z <sub>hit</sub> )
$\hat{\beta}_0$	2,8880	8,471	<2e-16*
$\hat{\beta}_1$	0,0138	3,003	0,00267*
$\hat{\beta}_2$	-0,0206	-3,826	0,00013*
$\hat{\beta}_3$	-0,0037	-2,318	0,02044*
$\hat{\beta}_4$	0,00003	8,309	<2e-16*
$\hat{\beta}_5$	0,00006	0,016	0,98720
$\hat{\beta}_6$	1,4500	2,982	0,00287*
$\hat{\beta}_7$	0,0048	3,269	0,00108*
$\hat{\beta}_8$	-0,7831	-4,690	2,73e-06*
Devians = 313,36		Df = 22	
AIC=517,18			

\*) signifikan dengan taraf nyata 15%



Pengujian serentak signifikansi parameter model regresi poisson bertujuan untuk mengetahui apakah secara serentak variabel prediktor memberikan pengaruh terhadap variabel respon. Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = \beta_6 = \beta_7 = \beta_8 = 0$$

$$H_1 : \text{paling sedikit ada satu } \beta_k \neq 0, k=1,2,\dots,8$$

Berdasarkan hasil pengujian dengan taraf signifikansi 15% didapatkan  $\chi^2_{(8;0,15)}$  sebesar 12,027 yang artinya bahwa minimal ada satu variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon. Sehingga perlu dilanjutkan pada pengujian secara parsial dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_k = 0 \text{ (variabel ke-k tidak signifikan)}$$

$$H_1 : \beta_k \neq 0 \text{ (variabel ke-k signifikan)}$$

Berdasarkan hasil pengujian secara individu dengan taraf signifikansi 15% didapatkan  $z_{(0,15/2)}$  sebesar 1,44 yang artinya bahwa semua variabel prediktor dalam model secara individu memberikan pengaruh yang signifikan terhadap jumlah kasus DBD di Surabaya, kecuali variabel persentase rumah sehat. Sehingga didapatkan model Regresi poisson sebagai berikut.

$$\ln(\hat{\mu}) = 2,888 + 0,0138X_1 - 0,0206X_2 - 0,0037X_3 + 0,00003X_4 \\ + 0,00006X_5 + 1,45X_6 + 0,0048X_7 - 0,783X_8$$

Nilai rasio antara devians dengan derajat bebas dari regresi poisson adalah 14,24, nilai ini lebih besar dari 1. Hal ini mengindikasikan bahwa model regresi poisson mengalami kasus overdispersi sehingga tidak layak untuk digunakan. Salah satu metode untuk mengatasi overdispersi pada kasus DBD di Surabaya ini adalah dengan menggunakan model regresi binomial negatif. Hasil analisis regresi Poisson selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 4.

**Tabel 4.4** Penaksiran Parameter Model Regresi Binomial Negatif

Parameter	Estimasi	Zhitung	Pr(Z >Z <sub>hit</sub> )
$\hat{\beta}_0$	2,403	2,217	0,0267*
$\hat{\beta}_1$	0,0178	1,210	0,2263
$\hat{\beta}_2$	-0,0189	-1,089	0,2761
$\hat{\beta}_3$	-0,00249	-0,481	0,6303
$\hat{\beta}_4$	0,00003	2,513	0,0120*
$\hat{\beta}_5$	0,00005	-0,044	0,9650
$\hat{\beta}_6$	1,176	0,791	0,4292
$\hat{\beta}_7$	0,0059	1,302	0,1928
$\hat{\beta}_8$	-0,7146	-1,516	0,1296*
Devians = 31,699		Df = 22	
AIC=307,7			

\*) signifikan dengan taraf nyata 15%

Pengujian serentak signifikansi parameter model binomial negatif bertujuan untuk mengetahui apakah secara serentak variabel prediktor memberikan pengaruh terhadap variabel respon. Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = \beta_6 = \beta_7 = \beta_8 = 0$$

$$H_1 : \text{paling sedikit ada satu } \beta_k \neq 0 ; k = 1, 2, \dots, 8$$

Berdasarkan hasil pengujian dengan taraf signifikansi 15% didapatkan  $\chi^2_{(8;0.15)}$  sebesar 12,027 yang artinya bahwa minimal ada satu variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon. Sehingga perlu dilanjutkan pada pengujian secara parsial dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_k = 0 \text{ (variabel ke-k tidak signifikan)}$$

$$H_1 : \beta_k \neq 0 \text{ (variabel ke-k signifikan)}$$

Berdasarkan hasil pengujian secara individu dengan taraf signifikansi 15% didapatkan  $z_{(0.15/2)}$  sebesar 1,44 yang artinya bahwa dari kedelapan variabel terdapat dua variabel prediktor yang signifikan, yaitu kepadatan penduduk ( $X_4$ ) dan rasio Puskesmas per 30.000 penduduk ( $X_8$ ).

Nilai rasio antara devians dengan derajat bebas dari regresi binomial negative adalah 1,44, nilai ini mendekati 1, jauh lebih

kecil dibandingkan dengan nilai rasio dispersi regresi poisson, sehingga dapat disimpulkan bahwa regresi binomial negatif dapat mengatasi overdispersi pada regresi poisson. Hasil analisis regresi binomial negatif selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 5.

Berdasarkan Tabel 4.4 maka model binomial negatif yang terbentuk untuk jumlah kasus DBD di Surabaya adalah sebagai berikut.

$$\ln(\hat{\mu}) = 2,403 + 0,0178X_1 - 0,0189X_2 - 0,00249X_3 + 0,00003X_4 \\ - 0,00005X_5 + 1,176X_6 + 0,0059X_7 - 0,7146X_8$$

#### 4.2.3 Pemodelan Jumlah Kasus DBD di Surabaya Tahun 2013 menggunakan Metode GWNBR

Apabila seseorang hidup dalam satu wilayah yang sama dengan seseorang yang menderita DBD maka orang tersebut akan beresiko tinggi untuk tertular penyakit DBD. Selain itu, Perbedaan karakteristik satu wilayah dengan wilayah lainnya seperti kemudahan akses layanan kesehatan yang berbeda-beda antara wilayah satu dengan wilayah lainnya menimbulkan dugaan bahwa terdapat pengaruh lokasi geografis suatu wilayah tertentu terhadap peningkatan jumlah kasus DBD di Surabaya. Adanya Perbedaan karakteristik antara satu titik pengamatan dengan titik pengamatan lainnya dapat dilihat dengan pengujian *Breusch-Pagan* dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_{31}^2 = \sigma^2 \text{ (variansi antar lokasi sama)}$$

$H_1$  : Minimal ada satu  $\sigma_i^2 \neq \sigma^2$  (variansi antar lokasi berbeda)

Berdasarkan hasil pengujian dengan menggunakan *software* R diperoleh nilai statistik uji *Breusch-Pagan* sebesar 3,4027 dengan p-value 0,9066. Dengan jumlah parameter 8 dan digunakan  $\alpha$  sebesar 15% maka didapatkan  $\chi^2_{(8;0,15)}$  sebesar 12,027. Sehingga berdasarkan kedua kriteria (p-value dan nilai statistik uji *Breusch-Pagan*) didapatkan kesimpulan bahwa variansi antar lokasi sama atau tidak terdapat perbedaan

karakteristik antara satu titik pengamatan dengan titik pengamatan lainnya.

Dependensi spasial menunjukkan bahwa pengamatan di suatu lokasi bergantung pada pengamatan di lokasi lain yang letaknya berdekatan. Pengujian dependensi spasial dapat dilakukan dengan Moran's I, dengan hipotesis sebagai berikut.

$H_0 : I = 0$  (tidak ada dependensi spasial)

$H_1 : I \neq 0$  (terdapat dependensi spasial)

Berdasarkan hasil pengujian dengan menggunakan *software* R diperoleh p-value sebesar 0,59 sehingga dengan taraf nyata 15% didapatkan kesimpulan bahwa tidak ada dependensi spasial yang artinya bahwa pengamatan suatu lokasi tidak bergantung pada pengamatan di lokasi lain yang letaknya berdekatan. Berdasarkan kesimpulan pengujian heterogenitas spasial dan hasil pengujian dependensi spasial, data jumlah kasus DBD di Surabaya tidak memenuhi salah satu asumsi. Walaupun begitu pada penelitian ini tetap ingin melihat efek spasial sehingga dapat dilanjutkan pemodelan dengan menggunakan metode GWNBR. Hasil pengujian spasial selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 6.

Pemodelan GWNBR dilakukan dengan menambahkan pembobotan spasial. Pada penelitian ini pembobot yang digunakan adalah fungsi kernel *adaptive bisquare* karena setiap kecamatan memiliki jumlah kasus DBD yang berbeda-beda sehingga setiap wilayah membutuhkan *bandwidth* yang berbeda-beda. Langkah selanjutnya yang perlu dilakukan adalah menentukan matriks pembobot, sebelum dilakukan pembentukan matriks pembobot maka perlu dicari jarak antar kecamatan terlebih dahulu (Lampiran 7). Setelah didapatkan jarak antar kecamatan maka dapat dibentuk matriks pembobot untuk penaksiran parameter di kecamatan Surabaya dengan cara memasukkan *bandwidth* dan jarak ke dalam fungsi kernel. Matriks pembobot dapat dilihat pada Lampiran 9.

#### 4.2.3.1 Pengujian signifikansi model GWNBR

Terdapat tiga macam pengujian parameter untuk model *Geographically Weighted Negative Binomial* yaitu pengujian kesamaan model *Geographically Weighted Negative Binomial* dengan regresi binomial negatif, pengujian serentak dan pengujian parsial.

##### a. Pengujian Kesamaan Model

Pengujian pertama yang dilakukan adalah menguji kesamaan antara model *Geographically Weighted Negative Binomial* dengan model regresi binomial negatif dengan hipotesis pengujian kesamaan sebagai berikut.

$$H_0: \beta_k(u_i, v_i) = \beta_k$$

$$H_1: \beta_k(u_i, v_i) \neq \beta_k$$

Dari perhitungan manual diperoleh nilai  $F_{hitung}$  sebesar 1,077. Dengan menggunakan nilai alpha 0,15 maka diperoleh nilai  $F_{(0,15,22,22)} = 1,566$ . Jika dibandingkan antara nilai  $F_{hitung}$  dan  $F_{(0,15,22,22)}$  diketahui nilai  $F_{hitung}$  lebih kecil daripada  $F_{tabel}$ , sehingga Gagal Tolak  $H_0$ , yang artinya tidak ada perbedaan antara model Binomial Negatif dan *Geographically Weighted Negative Binomial*.

##### b. Pengujian Serentak

Pengujian signifikansi model GWNBR secara serentak bertujuan untuk mengetahui apakah secara serentak variabel prediktor memberikan pengaruh terhadap model. Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$H_0: \beta_1(u_i, v_i) = \beta_2(u_i, v_i) = \dots = \beta_8(u_i, v_i) = 0$$

$$H_1: \text{paling sedikit ada satu } \beta_k(u_i, v_i) \neq 0$$

Berdasarkan hasil pengujian dengan menggunakan *software R* diperoleh nilai devians model GWNBR sebesar 29,41986. Dengan taraf nyata 15% didapatkan  $\chi^2_{(8;0.15)}$  sebesar 12,027 yang artinya bahwa paling tidak ada satu parameter model GWNBR yang signifikan berpengaruh maka perlu dilanjutkan dengan pengujian parsial.

### c. Pengujian Parsial

Pengujian signifikansi parameter model GWNBR secara parsial dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0: \beta_k(u_i, v_i) = 0$$

$$H_1: \beta_k(u_i, v_i) \neq 0$$

Berdasarkan hasil pengujian signifikansi parameter dengan *software* R, diperoleh parameter yang signifikan berbeda-beda untuk tiap kecamatan. Hasil estimasi dan nilai Z parameter *Geographically Weighted Negative Binomial Regression* dapat dilihat pada Lampiran 11 dan 12. Nilai  $|Z_{hit}|$  parameter setiap kecamatan dibandingkan dengan nilai  $Z_{0,15/2}$ . Jika nilai  $|Z_{hit}| > 1,44$  maka Tolak  $H_0$ , yang artinya variabel tersebut memberikan pengaruh pada model. Parameter yang signifikan di setiap kecamatan dapat dilihat pada Tabel 4.5 sebagai berikut.

**Tabel 4.5** Variabel yang Signifikan di tiap Kecamatan di Surabaya

	Kecamatan	Variabel Yang Signifikan
1	Sukomanunggal	$X_4, X_6, X_8$
2	Tandes	$X_4, X_6, X_8$
3	Asemrowo	$X_4, X_6, X_8$
4	Benowo	$X_3, X_4, X_6, X_7, X_8$
5	Pakal	$X_4, X_6, X_7, X_8$
6	Lakarsantri	$X_4, X_6, X_7, X_8$
7	Sambikerep	$X_4, X_6, X_7, X_8$
8	Genteng	$X_1, X_2, X_4, X_6, X_8$
9	Tegalsari	$X_2, X_3, X_4, X_6, X_8$
10	Bubutan	$X_1, X_2, X_4, X_5, X_6, X_8$
11	Simokerto	$X_1, X_2, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8$
12	Pabean Cantikan	$X_4, X_6, X_8$
13	Semampir	$X_4, X_6, X_8$
14	Krembangan	$X_4, X_6, X_8$
15	Bulak	$X_1, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8$
16	Kenjeran	$X_1, X_2, X_4, X_6, X_7, X_8$
17	Tambaksari	$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_8$
18	Gubeng	$X_1, X_2, X_4, X_6, X_8$
19	Rungkut	$X_3, X_4, X_6, X_8$
20	Tenggilis Mejoyo	$X_3, X_4, X_6, X_8$
21	Gunung Anyar	$X_3, X_4, X_6, X_8$

**Lanjutan Tabel 4.5** Penaksiran Parameter Model GWNBR

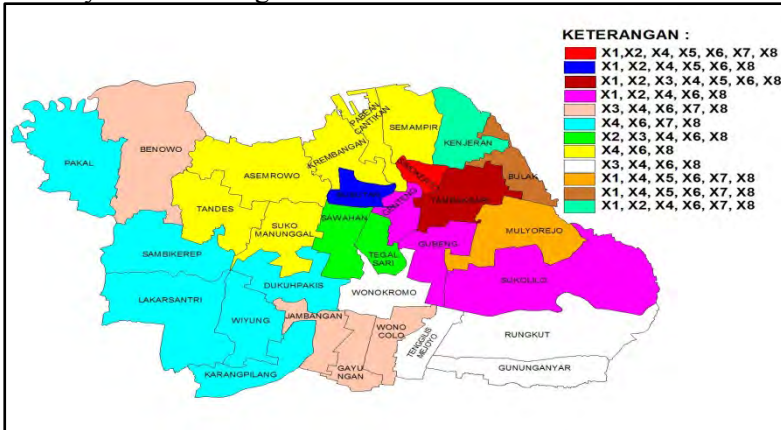
	Kecamatan	Variabel Yang Signifikan
22	Sukolilo	$X_4, X_6, X_8$
23	Mulyorejo	$X_1, X_3, X_4, X_5, X_6, X_8$
24	Sawahan	$X_2, X_3, X_4, X_6, X_8$
25	Wonokromo	$X_3, X_4, X_6, X_8$
26	Karang Pilang	$X_4, X_6, X_7, X_8$
27	Dukuh Pakis	$X_4, X_6, X_7, X_8$
28	Wiyung	$X_4, X_6, X_7, X_8$
29	Gayungan	$X_3, X_4, X_6, X_7, X_8$
30	Wonocolo	$X_3, X_4, X_6, X_7, X_8$
31	Jambangan	$X_3, X_4, X_6, X_7, X_8$

Berdasarkan Tabel 4.5 didapatkan hasil pengelompokkan sebanyak 9 kelompok berdasarkan variabel yang signifikan. Variabel yang signifikan memberi pengaruh jumlah kasus DBD di semua kecamatan adalah kepadatan penduduk ( $X_4$ ), rasio dokter umum ( $X_6$ ), rasio sarana kesehatan Puskesmas ( $X_8$ ). Berikut ini merupakan Tabel pengelompokkan kecamatan berdasarkan variabel yang signifikan.

**Tabel 4.6** Pengelompokkan Kecamatan Berdasarkan Variabel yang Signifikan dalam Model GWNBR

Kel	Kecamatan	Variabel yang signifikan
1	Simokerto	$X_1, X_2, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8$
2	Tambaksari	$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_8$
3	Bubutan	$X_1, X_2, X_4, X_5, X_6, X_8$
4	Mulyorejo	$X_1, X_3, X_4, X_5, X_6, X_8$
5	Bulak	$X_1, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8$
6	Kenjeran	$X_1, X_2, X_4, X_6, X_7, X_8$
7	Genteng, Gubeng	$X_1, X_2, X_4, X_6, X_8$
8	Tegalsari, Sawahan	$X_2, X_3, X_4, X_6, X_8$
9	Benowo, Gayungan, Wonocolo, Jambangan	$X_3, X_4, X_6, X_7, X_8$
10	Pakal, Lakarsantri, Sambikerep, Karang Pilang, Dukuh Pakis, Wiyung	$X_4, X_6, X_7, X_8$
11	Rungkut, Tenggilis Mejoyo, Gunung Anyar, Wonokromo	$X_3, X_4, X_6, X_8$
12	Sukomanunggal, Tandes, Asemrowo, Pabean Cantikan, Semampir, Krembangan, Sukolilo	$X_4, X_6, X_8$

Pengelompokan kecamatan berdasarkan variabel yang signifikan di atas apabila digambarkan dalam bentuk peta Surabaya adalah sebagai berikut.



**Gambar 4.10** Peta Pengelompokan Kecamatan berdasarkan Variabel yang Signifikan dalam Model GWNBR

Pada Gambar 4.10 warna merah dan *maroon* merupakan kecamatan dengan jumlah variabel yang signifikan mempengaruhi kasus DBD terbanyak. Warna merah adalah kelompok dimana variabel yang signifikan mempengaruhi jumlah kasus DBD adalah  $X_1, X_2, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8$ . Sedangkan warna *maroon* adalah kelompok dimana variabel yang signifikan mempengaruhi jumlah kasus DBD adalah  $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_8$ . Warna biru tua menunjukkan kelompok dimana variabel yang signifikan mempengaruhi jumlah kasus DBD adalah  $X_1, X_2, X_4, X_5, X_6, X_8$ . Warna *orange* adalah kecamatan dengan variabel yang signifikan mempengaruhi jumlah kasus DBD adalah  $X_1, X_3, X_4, X_5, X_6, X_8$ . Warna coklat menunjukkan kecamatan dimana variabel yang signifikan mempengaruhi jumlah kasus DBD adalah  $X_1, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8$ . Kecamatan dengan warna hijau muda adalah kecamatan dimana variabel yang signifikan mempengaruhi jumlah kasus DBD adalah  $X_1, X_2, X_4, X_6, X_7, X_8$ . Warna *peach* menunjukkan kelompok kecamatan dimana variabel yang signifikan mempengaruhi jumlah kasus DBD adalah



$X_3, X_4, X_6, X_7, X_8$ . Kecamatan dengan warna ungu muda merupakan kecamatan dimana variabel yang signifikan mempengaruhi jumlah kasus DBD adalah  $X_1, X_2, X_4, X_6, X_8$ . Warna hijau adalah kelompok dimana variabel yang signifikan mempengaruhi jumlah kasus DBD adalah  $X_2, X_3, X_4, X_6, X_8$ . Kecamatan dengan warna biru muda adalah kecamatan dengan variabel yang signifikan mempengaruhi jumlah kasus DBD adalah  $X_4, X_6, X_7, X_8$ . Warna putih adalah kelompok dimana variabel yang signifikan mempengaruhi jumlah kasus DBD adalah  $X_3, X_4, X_6, X_8$ . Kecamatan dengan warna kuning merupakan kelompok dengan variabel yang signifikan mempengaruhi jumlah kasus DBD adalah  $X_4, X_6$ , dan  $X_8$ .

Sebagai contoh akan disajikan pengujian parameter pada lokasi penelitian yang ke-19 ( $u_{19}, v_{19}$ ) yaitu kecamatan Rungkut.

**Tabel 4.7** Pengujian Parameter Model GWNBR Di Kec. Rungkut

Parameter	Estimasi	Zhitung
$\hat{\beta}_0$	2,40300	383360,4*
$\hat{\beta}_1$	0,03680	0,6771
$\hat{\beta}_2$	0,01515	0,1237
$\hat{\beta}_3$	-0,00811	-1,795*
$\hat{\beta}_4$	0,00002	449,37*
$\hat{\beta}_5$	-0,00560	-0,0396
$\hat{\beta}_6$	1,176	35321,52*
$\hat{\beta}_7$	-0,0061	-0,1813
$\hat{\beta}_8$	-0,7147	-1905,52*

\*) signifikan dengan taraf nyata 15%

Suatu variabel memberikan pengaruh yang signifikan jika  $|z_{hitung}| > z_{(\alpha/2)}$ , dengan taraf nyata 15% maka  $z_{(0,075)}$  adalah 1,44 sehingga dapat diketahui variabel yang signifikan adalah  $X_3$ ,  $X_4$ ,  $X_6$  dan  $X_8$  sehingga dapat dibentuk model sebagai berikut.

$$\ln(\hat{\mu}) = 2,403 + 0,0368X_1 + 0,0152X_2 - 0,00811X_3 + 0,00002X_4 - 0,00560X_5 + 1,176X_6 - 0,0061X_7 - 0,7147X_8$$

Berdasarkan dari variabel yang signifikan dari model yang terbentuk di kecamatan Rungkut dapat disimpulkan bahwa setiap pertambahan 1 persen rumah tangga yang berperilaku hidup

bersih dan sehat ( $X_3$ ) maka akan mengurangi rata-rata jumlah kasus DBD sebesar  $\exp(0,00811) = 1,008 \approx 1$  kasus dengan asumsi variabel lain konstan. Hal ini sesuai dengan semakin banyak rumah tangga yang berperilaku hidup bersih dan sehat mencegah terjangkitnya DBD. Setiap penambahan penduduk 1 jiwa per  $\text{km}^2$  maka akan menambah rata-rata jumlah kasus DBD sebesar  $\exp(0,00002) = 1,00002 \approx 1$  kasus dengan asumsi variabel lain konstan. Hal ini sesuai karena DBD merupakan penyakit menular dan nyamuk *Aedes Aegypti* sangat menyukai tempat yang padat dan semakin padat penduduk, peluang lingkungan menjadi kumuh akan lebih besar. Variabel rasio dokter umum mengalami kontradiksi dengan jumlah kasus DBD karena rasio dokter umum memiliki korelasi yang tinggi dengan prediktor lain (tetapi bukan sebab akibat) yang sebenarnya variabel tersebut adalah karakteristik rasio dokter umum. Setiap kenaikan satu satuan rasio sarana kesehatan Puskesmas maka akan mengurangi rata-rata jumlah kasus DBD sebesar  $\exp(0,7147) = 2,044 \approx 2$  kasus dengan asumsi variabel lain konstan. Hal ini sesuai karena peranan puskesmas sangatlah penting, dengan adanya puskesmas, fasilitas kesehatan dapat dijangkau oleh berbagai kalangan masyarakat.

### 4.3 Pemilihan Model Terbaik

Pemilihan model terbaik berdasarkan kriteria AIC pada model regresi Poisson, regresi Binomial Negatif, dan GWNBR adalah sebagai berikut.

**Tabel 4.8** Pemilihan Model Terbaik dengan AIC

Regresi Poisson	517,18
Regresi Binomial Negatif	307,70
GWNBR	200,23

Tabel 4.8 menunjukkan bahwa dari ketiga model tersebut, GWNBR memiliki nilai AIC paling kecil dibandingkan dengan Poisson dan Binomial Negatif, sehingga GWNBR lebih baik dalam memodelkan jumlah kasus DBD masing-masing kecamatan di kota Surabaya pada tahun 2013.

#### 4.4 Pendeteksian Kantong DBD Menggunakan *Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic*

Informasi mengenai daerah-daerah yang menjadi *hotspot* atau kantong DBD sangat diperlukan oleh pemerintah daerah maupun peneliti, dengan adanya informasi mengenai kantong DBD maka dapat diketahui daerah atau wilayah yang memerlukan perhatian khusus dan menjadi prioritas utama dalam program penanggulangan dan pengentasan DBD. *Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic* merupakan salah satu metode statistik yang dapat digunakan untuk mendeteksi *hotspot* dimana dalam penelitian ini *hotspot* adalah daerah atau wilayah kantong DBD.

Hasil pendeteksian kantong DBD di Surabaya dengan data prediksi selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.9 dan Gambar 4.11. jumlah kecamatan setiap kantong dibatasi 15 kecamatan yang berbatasan dan jarak terdekat, termasuk kecamatan awal. pengujian tingkat signifikansi dilakukan dengan teknik simulasi *Monte Carlo* dimana pengulangan sebanyak 99, 999, dan 9999 menghasilkan kesimpulan yang sama baik dari sisi jumlah kantong DBD yang dideteksi maupun resiko relatifnya. Perbedaan hasil hanya pada keakuratan *p-value*. Oleh karena itu, hasil yang disajikan pada Tabel 4.8 merupakan pengujian tingkat signifikansi dengan pengulangan sebanyak 9999. Hasil lengkap pendeteksian kantong DBD di Surabaya dengan data penelitian untuk pengulangan sebanyak 99 dan 999 dapat dilihat di Lampiran 13-14.

**Tabel 4.9** Hasil Deteksi Kantong DBD di Surabaya

Kantong DBD	Jumlah Kecamatan	Jarak Maks.	Kasus DBD	Harapan	Resiko Relatif	P-Value
1	14	12,40	1137	673,448	1,688	0,0001
2	1	0	75	32,050	2,340	0,0001
3	7	11,70	583	479,614	1,216	0,0004

Keterangan :

Kantong DBD

:Kumpulan satu atau beberapa kecamatan yang membentuk *hotspot* atau kantong DBD.



Tingkat kerawanan suatu wilayah terhadap DBD didapatkan berdasarkan proporsi jumlah kasus terhadap populasi penduduk yang ada di wilayah tersebut. Berdasarkan proses deteksi DBD diperoleh tiga kantong DBD seperti terlihat pada Gambar 4.1 dengan keterangan untuk setiap kantong DBD adalah sebagai berikut.

1. Daerah berwarna orange tua merupakan kecamatan Benowo dimana kecamatan tersebut paling rawan terkena DBD. Dilihat dari nilai resiko relatif maka proporsi DBD pada kecamatan Benowo lebih besar 2,340 kali dari kecamatan lain.
2. Daerah berwarna coklat tua terdiri dari 14 kecamatan yaitu kecamatan Sukomanunggal, Tandes, Sambikerep, Genteng, Tegalsari, Tenggilis Mejoyo, Sawahan, Wonokromo, Karangpilang, Dukuh Pakis, Wiyung, Gayungan, Wonocolo, dan Jambangan. Kecamatan – kecamatan tersebut tergolong kecamatan rawan terkena DBD dilihat dari nilai resiko relatif maka proporsi DBD pada kecamatan yang ada di *hotspot* rawan lebih besar 1,688 kali dari kecamatan di luar *hotspot* tersebut.
3. Daerah berwarna coklat pudar terdiri dari 7 kecamatan yaitu kecamatan Simokerto, Gubeng, Tambaksari, Rungkut, Gunung Anyar, Sukolilo, dan Mulyorejo. Kecamatan – kecamatan tersebut tergolong kecamatan yang cukup rawan dilihat dari nilai resiko relatif maka proporsi DBD pada kecamatan yang ada di *hotspot* cukup rawan lebih besar 1,216 kali dari kecamatan di luar *hotspot* tersebut.
4. Daerah yang berwarna putih merupakan kecamatan yang tidak termasuk dalam zona rawan terkena DBD. Kecamatan yang termasuk dalam zona tidak rawan antara lain Pakal, Asemrowo, Lakarsantri, Krembangan, BUbutan, Pabean Cantikan, Semampir, Kenjeran, dan Bulak.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, kesimpulan yang didapatkan adalah sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil pemodelan GWNBR dengan fungsi pembobot kernel *adaptive bisquare* didapatkan pengelompokan sebanyak 12 kelompok berdasarkan variabel-variabel yang signifikan. Kelompok pertama adalah Simokerto. Kelompok kedua adalah Tambaksari. Kelompok ketiga adalah Bubutan. Kelompok keempat adalah Mulyorejo. Kelompok kelima adalah Bulak. Kelompok keenam adalah Kenjeran. Kelompok ketujuh adalah Genteng dan Gubeng. Kelompok kedelapan adalah Tegalsari dan Sawahan. Kelompok kesembilan adalah Benowo, Gayungan, Wonocolo, dan Jambangan. Kelompok kesepuluh adalah Pakal, Lakarsantri, Sambikerep, Karang Pilang, Dukuh Pakis, dan Wiyung. Kelompok kesebelas adalah Rungkut, Tenggilis Mejoyo, Gunung Anyar, dan Wonokromo. Kelompok keduabelas adalah Sukomanunggal, Tandes, Asemrowo, Pabean Cantikan, Semampir, Krembangan, dan Sukolilo. Faktor yang mempengaruhi jumlah kasus DBD di semua kecamatan di Kota Surabaya adalah kepadatan penduduk, rasio dokter umum, dan rasio sarana kesehatan Puskesmas.
2. Hasil proses pendeteksian kantong DBD di Surabaya menunjukkan bahwa terbentuk tiga kantong DBD yang masing – masing terdiri dari 1 kecamatan, 14 kecamatan, dan 7 kecamatan. Kantong DBD 1 merupakan daerah paling rawan terkena DBD yaitu kecamatan Benowo yang memiliki resiko relatif terkena DBD 2,340 kali lebih besar dibanding kecamatan lain. Kantong DBD 2 merupakan daerah rawan terdiri dari kecamatan Sukomanunggal, Tandes,

Sambikerep, Genteng, Tegalsari, Tenggilis Mejoyo, Sawahan, Wonokromo, Karangpilang, Dukuh Pakis, Wiyung, Gayungan, Wonocolo, dan Jambangan yang memiliki resiko relatif terkena DBD 1,688 kali dari kecamatan di luar kantong DBD 2. Kantong DBD 3 merupakan daerah cukup rawan terdiri dari kecamatan Simokerto, Gubeng, Tambaksari, Rungkut, Gunung Anyar, Sukolilo, dan Mulyorejo yang memiliki resiko relatif terkena DBD 1,216 kali dari kecamatan di luar kantong DBD 3.

## 5.2 Saran

Pada penelitian ini masih banyak permasalahan yang belum dikaji secara mendalam dan detail. Oleh karena itu, saran yang dapat direkomendasikan pada penelitian selanjutnya adalah melakukan pemodelan menggunakan berbagai jenis bobot, dan membandingkannya untuk mengetahui pembobot terbaik dalam memodelkan kasus DBD di Surabaya.

Dari hasil analisis GWNBR terdapat tiga variabel yang merupakan variabel global, sehingga untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan analisis *Mixed Geographically Weighted Negative Binomial Regression* dengan menambah variabel-variabel baru.



## DAFTAR PUSTAKA

- Agresti, A. (2002). *Categorical Data Analysis. Second Edition*. New York: John Wiley and Sons.
- Anselin, L. (1988). *Spatial Econometris: Methods and Models*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Cameron, A. C., & Trivedi, P. K. (1998). *Regression Analysis of Count Data*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur. (2014). *Profil Kesehatan Jawa Timur Tahun 2013*. Surabaya: Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur.
- Draper N.R, and Smith H. (1992). *Analisis Regresi Terapan. Second Edition*. New York: John Wiley and Sons.
- Dinas Kesehatan Kota Surabaya. (2014). *Profil Kesehatan Kota Surabaya Tahun 2013*. Surabaya: Dinas Kesehatan Kota Surabaya.
- Evadiani, E. (2014). *Pemodelan Jumlah Kematian Ibu di Jawa Timur dengan Geographically Weighted Negative Binomial Regression (GWNBR)*. Surabaya: Tugas Akhir Jurusan Statistika FMIPA-ITS Surabaya.
- Fadhilah, Rizki. (2012). *Faktor-faktor yang Mempengaruhi Jumlah Penderita Demam Berdarah Dengue (DBD) Kota Bogor Tahun 2011*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Greene, W. (2008). Functional forms for the negative binomial model for count data. *Economics Letters* 99(3) , 585-590.
- Hardin, J. W., & Hilbe, J. M. (2007). *Generalized Linear Models and Extensions Second Edition*. Texas: Stata Press.
- Hocking, R. R. (1996). *Methods and applications of linear models: regression and the analysis of variance*. New York: John Wiley and Sons.
- Hosmer, D. W., & Lemeshow, S. (1995). *Applied Logistic Regression*. New York: John Wiley and Sons Inc.
- Kristina, Isminah, Wulandari L. (2004). *Kajian Masalah Kesehatan*. <http://www.litbang.depkes.go.id/maskes/052004/demamberdarah1> [dilihat pada 10 Febuari 2015]

- Kuldorff, M. (1997). *A Spatial Scan Statistic. Communication In Statistics Theory And Method*, 26(6),1481-1496.
- McCullagh, P., & Nelder, J. A. (1989). *Generalized linear models*. London: Chapman and Hall.
- Mubarak, Reza. (2012). *Analisis Regresi Spline Multivariabel untuk Pemodelan Kematian Penderita Demam Berdarah Dengue (DBD) di Jawa Timur*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Myers, R. H. (1990). *Classical and Modern Regression with Application*. Boston: PWS-KENT Publishing Company.
- Nandasari, B. N. (2014). *Pemodelan Jumlah Kejadian Luar Biasa Difteri di Jawa Timur Menggunakan Geographically Weighted Negative Binomial Regression (GWNBR)*. Surabaya: Tugas Akhir Jurusan Statistika FMIPA-ITS Surabaya.
- Notoatmodjo, S. (2003). *Ilmu Kesehatan Masyarakat, Prinsip-Prinsip Dasar*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Nurchayani, H. (2014). *Pemodelan Spasial Kemiskinan dengan Mix Geographically Weighted Poisson Regression dan Flexibly Shaped spasial Scan Statistic (Studi Kasus: Jumlah Rumah Tangga Sangat Miskin di Kabupaten Kulonprogo, Bantul, dan Gunungkidul Tahun 2011)*. Surabaya: Program Pasca Sarjana, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Ricardo, A., & Carvalho, T. (2013). *Geographically Weighted Negative Binomial Regression-Incorporating Overdispersion*. Business Media New York: Springer Science.
- Sartika, Novira. (2012). *Regresi Binomial Negatif sebagai Model Alternatif untuk Menghindari Masalah Overdispersion pada Regresi Poisson*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Tango, T. dan Takahashi, k. (2005). *A Flexibly Shaped Spatal Scan Statistic For Detecting Clusters. International Journal of Health Geographics*. Volume 4:11

Tobing, TMDNL. (2011). *Pemodelan Kasus Demam Berdarah Dengue (DBD) di Jawa Timur dengan Model Poisson dan Binomial Negatif*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1	Data Jumlah Kasus DBD Tahun 2013 dan Variabel yang Diduga Mempengaruhinya ..... 73
Lampiran 2	Data Lintang dan Bujur Masing-masing Kabupaten/Kota..... 74
Lampiran 3	Pengujian Asumsi Non Multikolinieritas ..... 76
Lampiran 4	Hasil Analisis Regresi Poisson..... 78
Lampiran 5	Hasil Analisis Regresi Binomial Negatif ..... 79
Lampiran 6	Hasil Pengujian Spasial..... 80
Lampiran 7	Jarak Euclidian ..... 81
Lampiran 8	<i>Cross Validation</i> dan Nilai <i>Bandwidth</i> tiap Lokasi..... 82
Lampiran 9	Matriks Pembobot ..... 84
Lampiran 10	Syntax Program R ..... 85
Lampiran 11	Estimasi Parameter Model GWNBR..... 91
Lampiran 12	Nilai Z Hitung Parameter GWNBR ..... 93
Lampiran 13	Output <i>Flexscan</i> Hasil Deteksi Kantong DBD dengan Jumlah Replikasi 99..... 95
Lampiran 14	Output <i>Flexscan</i> Hasil Deteksi Kantong DBD dengan Jumlah Replikasi 999..... 97
Lampiran 15	Output <i>Flexscan</i> Hasil Deteksi Kantong DBD dengan Jumlah Replikasi 9999..... 99

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**Lampiran 1.** Data Jumlah Kasus DBD Tahun 2013 dan Variabel yang Diduga Mempengaruhinya

y	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8
68	79.87	6.80	79.03	11102.49	71.03	0.24	97.03	0.59
130	86.37	7.39	65.87	9484.19	85.72	0.24	97.66	0.57
22	84.63	9.19	46.65	2816.77	70.97	0.23	96.51	0.69
75	81.40	6.68	84.70	2322.49	55.43	0.23	100.00	0.54
35	92.25	5.07	84.40	2189.61	87.86	0.21	41.54	0.62
25	92.09	10.28	65.43	2934.50	74.68	0.36	75.17	1.45
75	97.76	9.40	87.06	3326.19	90.40	0.29	86.11	1.15
43	95.05	13.56	55.13	11735.890	87.90	0.53	74.55	1.27
78	79.24	13.74	88.61	20324.710	72.93	0.20	66.98	0.69
57	76.19	12.52	79.33	22287.820	72.14	0.20	87.93	0.70
81	91.20	24.41	66.76	31193.820	77.29	0.25	99.64	0.74
44	87.43	23.03	51.07	10397.940	67.00	0.21	69.51	0.42
74	94.50	28.00	63.41	17605.940	80.01	0.18	76.29	0.58
72	87.67	13.17	55.77	13025.900	73.53	0.03	99.83	0.08
19	74.15	8.44	71.05	6534.830	74.15	0.20	87.56	0.79
64	81.93	8.57	59.65	19310.670	74.62	0.29	90.35	0.72
107	98.78	12.87	63.10	23203.670	87.30	0.12	98.62	0.43
85	79.23	5.83	83.22	16334.420	78.84	0.15	85.80	0.46
102	96.14	10.13	79.88	5850.570	92.72	0.20	96.98	0.49
91	100.00	4.87	86.75	13370.650	82.90	0.14	81.05	0.41
46	100.00	9.75	91.61	6515.860	100.00	0.20	100.00	0.47
97	88.58	10.66	54.90	5153.690	80.80	0.23	74.75	0.74
65	89.87	7.17	83.69	13923.670	89.87	0.21	95.39	0.62
188	89.53	11.98	65.37	20516.060	82.19	0.30	85.06	0.69
114	88.11	10.12	34.26	9548.420	83.65	0.29	94.38	0.66
50	97.27	7.26	58.03	7996.530	90.94	0.20	35.35	0.41
66	95.96	10.41	73.30	6583.600	78.00	0.19	76.95	0.46
62	85.36	6.98	68.38	5557.620	76.71	0.32	88.83	0.87
61	97.64	5.79	88.33	7168.530	96.00	0.29	97.98	0.69
65	94.07	6.53	48.47	12059.590	92.85	0.37	98.10	1.10
46	80.29	9.35	80.78	11286.160	80.28	0.32	100.00	0.63

**Lampiran 2.** Data Lintang dan Bujur Masing-masing Kecamatan

No.	Kecamatan	$u$	$v$
1	Sukomanunggal	-7,270	112,699
2	Tandes	-7,257	112,673
3	Asemrowo	-7,239	112,689
4	Benowo	-7,229	112,647
5	Pakal	-7,232	112,614
6	Lakarsantri	-7,323	112,653
7	Sambikerep	-7,275	112,655
8	Genteng	-7,260	112,743
9	Tegalsari	-7,274	112,737
10	Bubutan	-7,247	112,729
11	Simokerto	-7,240	112,753
12	Pabean Cantikan	-7,222	112,733
13	Semampir	-7,215	112,749
14	Krembangan	-7,227	112,724
15	Bulak	-7,232	112,789
16	Kenjeran	-7,216	112,772
17	Tambaksari	-7,251	112,769
18	Gubeng	-7,265	112,752
19	Rungkut	-7,317	112,802
20	Tenggilis	-7,324	112,756
21	Gunung Anyar	-7,339	112,789
22	Sukolilo	-7,291	112,804
23	Mulyorejo	-7,269	112,793
24	Sawahan	-7,274	112,721
25	Wonokromo	-7,294	112,738
26	Karangpilang	-7,332	112,686
27	Dukuh Pakis	-7,292	112,700
28	Wiyung	-7,309	112,693
29	Gayungan	-7,328	112,727
30	Wonocolo	-7,325	112,744
31	Jambangan	-7,324	112,716



Variabel	Keterangan
$Y$	Jumlah kasus Demam Berdarah <i>Dengue</i> di tiap kecamatan
$X_1$	Persentase rumah/bangunan bebas jentik nyamuk <i>Aedes</i>
$X_2$	Persentase rumah tangga miskin
$X_3$	Persentase rumah tangga berperilaku hidup bersih dan sehat (PHBS)
$X_4$	Kepadatan Penduduk
$X_5$	Persentase rumah sehat
$X_6$	Rasio tenaga medis (dokter umum)
$X_7$	Persentase rumah tangga yang memiliki tempat sampah sehat
$X_8$	Rasio sarana kesehatan Puskesmas
$u_i$	Lintang (longitude) kecamatan ke- $i$
$v_i$	Bujur (latitude) kecamatan ke- $i$

### Lampiran 3. Pengujian Asumsi Non Multikolinieritas

#### a. Korelasi

#### Correlations: x1, x2, x3, x4, x5, x6, x7, x8

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	
x7							
x2	0.070						
	0.708						
x3	0.001	-0.298					
	0.998	0.103					
x4	-0.131	0.501	-0.045				
	0.483	0.004	0.811				
x5	0.694	-0.217	0.130	-0.071			
	0.000	0.241	0.487	0.705			
x6	0.051	-0.077	-0.216	-0.156	0.162		
	0.784	0.679	0.242	0.402	0.385		
x7	-0.160	-0.042	0.038	0.176	-0.055	-0.005	
	0.389	0.821	0.841	0.342	0.770	0.981	
x8	0.028	-0.049	-0.117	-0.168	0.097	0.830	-
0.043							
	0.881	0.795	0.529	0.365	0.602	0.000	
0.818							

Cell Contents: Pearson correlation  
P-Value

## b. Nilai VIF

**Regression Analysis: y versus x1, x2, x3, x4, x5, x6, x7, x8**

The regression equation is

$$y = -31.6 + 1.19 x_1 - 1.56 x_2 - 0.286 x_3 + 0.00226 x_4 - 0.12 x_5 + 62 x_6 + 0.338 x_7 - 39.4 x_8$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	-31.55	94.84	-0.33	0.743	
x1	1.186	1.288	0.92	0.367	2.466
x2	-1.560	1.532	-1.02	0.320	1.891
x3	-0.2861	0.4552	-0.63	0.536	1.225
x4	0.002261	0.001087	2.08	0.049	1.631
x5	-0.118	1.024	-0.12	0.909	2.551
x6	62.3	129.8	0.48	0.636	3.573
x7	0.3385	0.3917	0.86	0.397	1.077
x8	-39.43	40.78	-0.97	0.344	3.348

**Lampiran 4.** Hasil Analisis Regresi Poisson

Call:

```
glm(formula = y ~ x1 + x2 + x3 + x4 + x5 + x6 + x7 + x8, family
= poisson,
    data = data)
```

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-5.292	-2.121	-1.563	2.030	8.163

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	2.888	3.410e-01	8.471	< 2e-16 ***
x1	1.384e-02	4.610e-03	3.003	0.00267 **
x2	-2.058e-02	5.380e-03	-3.826	0.00013 ***
x3	-3.684e-03	1.589e-03	-2.318	0.02044 *
x4	3.079e-05	3.705e-06	8.309	< 2e-16 ***
x5	6.082e-05	3.792e-03	0.016	0.98720
x6	1.450e+00	4.862e-01	2.982	0.00287 **
x7	4.750e-03	1.453e-03	3.269	0.00108 **
x8	-7.831e-01	1.670e-01	-4.690	2.73e-06 ***

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for poisson family taken to be 1)

Null deviance: 462.29 on 30 degrees of freedom  
 Residual deviance: 313.36 on 22 degrees of freedom  
 AIC: 517.18

Number of Fisher Scoring iterations: 4

### Lampiran 5. Hasil Analisis Regresi Binomial Negatif

Call:

```
glm.nb(formula = y ~ x1 + x2 + x3 + x4 + x5 + x6 + x7 + x8,
data = data,
init.theta = 7.653529148, link = log)
```

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-2.0227	-0.7330	-0.4698	0.6100	2.0465

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	2.403	1.084e+00	2.217	0.0267 *
x1	1.782e-02	1.472e-02	1.210	0.2263
x2	-1.897e-02	1.742e-02	-1.089	0.2761
x3	-2.495e-03	5.184e-03	-0.481	0.6303
x4	3.101e-05	1.234e-05	2.513	0.0120 *
x5	-5.145e-04	1.173e-02	-0.044	0.9650
x6	1.176e+00	1.488e+00	0.791	0.4292
x7	5.852e-03	4.493e-03	1.302	0.1928
x8	-7.146e-01	4.715e-01	-1.516	0.1296

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for Negative Binomial(7.6535) family taken to be 1)

Null deviance: 47.032 on 30 degrees of freedom

Residual deviance: 31.699 on 22 degrees of freedom

AIC: 307.7

Number of Fisher Scoring iterations: 1

Theta: 7.65

Std. Err.: 2.14

2 x log-likelihood: -287.695

**Lampiran 6. Hasil Pengujian Spasial****Uji Morans'I :**

\$observed

[1] 0.03023881

\$expected

[1] -0.03333333

\$sd

[1] 0.1190916

\$p.value

[1] 0.593474

**Uji Breusch Pagan :**

studentized Breusch-Pagan test

data: modelnegbin

BP = 3.4027, df = 8, p-value = 0.9066

### Lampiran 7. Jarak Euclidian

	1	2	3	...	...	30	31
1	0.000	0.029	0.033	...	...	0.071	0.057
2	0.029	0.000	0.024	...	...	0.098	0.080
3	0.033	0.024	0.000	...	...	0.102	0.089
4	0.066	0.038	0.043	...	...	0.136	0.117
5	0.093	0.064	0.075	...	...	0.160	0.137
6	0.070	0.069	0.091	...	...	0.091	0.063
7	0.044	0.025	0.050	...	...	0.102	0.078
8	0.045	0.070	0.058	...	...	0.065	0.069
9	0.038	0.066	0.059	...	...	0.051	0.054
10	0.038	0.057	0.041	...	...	0.079	0.078
11	0.062	0.082	0.064	...	...	0.085	0.092
12	0.059	0.069	0.047	...	...	0.104	0.103
13	0.074	0.087	0.065	...	...	0.110	0.114
14	0.050	0.059	0.037	...	...	0.100	0.097
15	0.098	0.119	0.100	...	...	0.103	0.117
16	0.091	0.107	0.086	...	...	0.113	0.122
17	0.073	0.096	0.081	...	...	0.078	0.090
18	0.053	0.079	0.068	...	...	0.061	0.069
19	0.113	0.142	0.137	...	...	0.059	0.086
20	0.079	0.107	0.108	...	...	0.012	0.040
21	0.113	0.142	0.141	...	...	0.047	0.075
22	0.107	0.135	0.126	...	...	0.069	0.094
23	0.094	0.121	0.108	...	...	0.074	0.095
24	0.022	0.051	0.047	...	...	0.056	0.050
25	0.046	0.075	0.074	...	...	0.032	0.037
26	0.063	0.076	0.093	...	...	0.058	0.031
27	0.022	0.044	0.054	...	...	0.055	0.036
28	0.039	0.056	0.070	...	...	0.053	0.027
29	0.064	0.089	0.097	...	...	0.017	0.012
30	0.071	0.098	0.102	...	...	0.000	0.028
31	0.057	0.080	0.089	...	...	0.028	0.000

**Lampiran 8.** *Cross Validation* dan Nilai *Bandwidth* tiap Lokasia. *Cross Validation*

Adaptive q: 0.381966 CV score: 1059589
Adaptive q: 0.618034 CV score: 70885.93
Adaptive q: 0.763932 CV score: 52456.47
Adaptive q: 0.6969222 CV score: 52934.54
Adaptive q: 0.7327882 CV score: 51824.23
Adaptive q: 0.7350905 CV score: 51931.22
Adaptive q: 0.7190886 CV score: 51360.69
Adaptive q: 0.7045175 CV score: 51931.92
Adaptive q: 0.713523 CV score: 51313.09
Adaptive q: 0.7130473 CV score: 51314.68
Adaptive q: 0.7141331 CV score: 51312.5
Adaptive q: 0.7140519 CV score: 51312.48
Adaptive q: 0.7140112 CV score: 51312.49
Adaptive q: 0.7140519 CV score: 51312.48



## b. Nilai Bandwidth Tiap Lokasi

<b>No.</b>	<b>Kecamatan</b>	<b>Bandwidth</b>
1	Sukomanunggal	0.0727765
2	Tandes	0.0901493
3	Asemrowo	0.0916143
4	Benowo	0.1241991
5	Pakal	0.1493429
6	Lakarsantri	0.1289958
7	Sambikerep	0.1050734
8	Genteng	0.0698774
9	Tegalsari	0.066965
10	Bubutan	0.0796456
11	Simokerto	0.0912918
12	Pabean Cantikan	0.099602
13	Semampir	0.1095112
14	Krembangan	0.0976942
15	Bulak	0.1082776
16	Kenjeran	0.1136459
17	Tambaksari	0.0880489
18	Gubeng	0.0695258
19	Rungkut	0.1152215
20	Tenggilis	0.1022591
21	Gunung Anyar	0.1248915
22	Sukolilo	0.1044218
23	Mulyorejo	0.0947851
24	Sawahan	0.0683431
25	Wonokromo	0.0723752
26	Karangpilang	0.1141046
27	Dukuh Pakis	0.0805423
28	Wiyung	0.0956239
29	Gayungan	0.0897232
30	Wonocolo	0.0985425
31	Jambangan	0.0920856

**Lampiran 9. Matriks Pembobot**

	1	2	3	...	...	30	31
1	1.000	0.706	0.639	...	...	0.002	0.156
2	0.803	1.000	0.862	...	...	0.000	0.048
3	0.763	0.867	1.000	...	...	0.000	0.003
4	0.512	0.820	0.773	...	...	0.000	0.011
5	0.374	0.666	0.556	...	...	0.000	0.024
6	0.496	0.510	0.248	...	...	0.252	0.580
7	0.676	0.886	0.605	...	...	0.003	0.198
8	0.340	0.000	0.098	...	...	0.018	0.000
9	0.455	0.000	0.045	...	...	0.167	0.118
10	0.600	0.240	0.544	...	...	0.000	0.001
11	0.294	0.039	0.258	...	...	0.015	0.000
12	0.424	0.264	0.602	...	...	0.000	0.000
13	0.291	0.138	0.425	...	...	0.000	0.000
14	0.549	0.401	0.734	...	...	0.000	0.000
15	0.035	0.000	0.020	...	...	0.008	0.000
16	0.131	0.012	0.181	...	...	0.000	0.000
17	0.103	0.000	0.024	...	...	0.045	0.000
18	0.171	0.000	0.002	...	...	0.059	0.000
19	0.001	0.000	0.000	...	...	0.550	0.193
20	0.168	0.000	0.000	...	...	0.972	0.717
21	0.031	0.000	0.000	...	...	0.735	0.415
22	0.000	0.000	0.000	...	...	0.318	0.036
23	0.000	0.000	0.000	...	...	0.147	0.000
24	0.797	0.198	0.269	...	...	0.109	0.211
25	0.360	0.000	0.000	...	...	0.656	0.541
26	0.479	0.308	0.112	...	...	0.544	0.857
27	0.856	0.488	0.301	...	...	0.285	0.644
28	0.688	0.436	0.214	...	...	0.473	0.842
29	0.235	0.000	0.000	...	...	0.927	0.966
30	0.230	0.000	0.000	...	...	1.000	0.845
31	0.387	0.064	0.004	...	...	0.823	1.000

### Lampiran 10. Syntax Program R

#### ##Memanggil Data##

```
data <- read.csv("d:/TA S1-112/hasil/data.csv", header=TRUE,
sep=",")
data
```

#### ## Model Poisson ##

```
library(MASS)
modelpoisson=glm(y~x1+x2+x3+x4+x5+x6+x7+x8,family=poisson,
data=data)
summary(modelpoisson)
```

#### ## Model Binomial Negatif ##

```
library(MASS)
modelnegbin<-
glm.nb(y~x1+x2+x3+x4+x5+x6+x7+x8,data=data)
summary(modelnegbin)
```

#### ##Pengujian Spasial##

```
library(lmtest)
bptest(modelnegbin)
w <- read.csv("d:/TA S1-112/hasil/queen.csv", header=TRUE,
sep=",")
library(ape)
tugas.dists=as.matrix(w)
Moran.I(data$y, tugas.dists)
```

#### ## Bandwidth & Jarak Euclidian ##

```
library(spgwr)
bdwtBisquare=ggwr.sel(y~x1+x2+x3+x4+x5+x6+x7+x8,data=
data,coords=cbind(data$u,data$v),adapt=TRUE,gweight=gwr.bisquare)
GRTGB=ggwr(y~x1+x2+x3+x4+x5+x6+x7+x8,data=data,coords
=cbind(data$u,data$v),adapt=bdwtBisquare,gweight=gwr.bisquare)
```

GRTGB\$bandwidth

```
#jarak
u=data[,10]
u<-as.matrix(u)
i<-nrow(u)
v=data[,11]
v<-as.matrix(v)
j<-nrow(v)
library(fields)
jarak<-matrix(nrow=31,ncol=31)
for(i in 1:31)
for(j in 1:31){jarak[i,j]=sqrt((u[i,]-u[j,])**2+(v[i,]-v[j,])**2)}
write.table(jarak,file="D:/TA S1-112/hasil/jarak8.csv",sep=",")
```

**## Pembobotan ##**

```
bdwtBisquare<- GRTGB$bandwidth
bdwtBisquare<- as.matrix(bdwtBisquare)
bdwtBisquare
i<-nrow(bdwtBisquare)
pembobotB<-matrix(nrow=31,ncol=31)
for(i in 1:31)
for(j in 1:31)
{pembobotB[i,j]=(1-(jarak[i,j]/bdwtBisquare[i,])**2)**2}
pembobotB[i,j]<-
ifelse(jarak[i,j]<bdwtBisquare[i,],pembobotB[i,j],0)}
write.table(pembobotB,file="D:/TA S1-
112/hasil/pembobotB8.csv",sep=",")
```

**## Program Estimasi GWNBR##**

```
library(MASS)
games2=function(X,y,W1,phi1,b1){
beta=matrix(c(0),20,10,byrow=T)
#beta[1,1]=phi1
```

```

#beta[1,2:10]=c(b1)
satu<-rep(1,31)
satu<-as.matrix(satu)
bxx <- c(b1)
b01<-rbind(c(phi1,c(b1)))
for(i in 1:20){
Xb1<-as.matrix(X)%*%as.matrix(bxx)
mu1<-exp(Xb1)
delta11<-((log(1+phi1*mu1)-
digamma(y+(1/phi1))+digamma(1/phi1))/phi1^2)+((y-
mu1)/((1+phi1*mu1)*phi1))
delta11<-as.matrix(delta11)
p11<-t(satu)%*%W1)%*%delta11
delta21<-(y-mu1)/(1+phi1*mu1)
delta21<-as.matrix(delta21)
p21<-t(X)%*%as.matrix(W1)%*%delta21
p21<-as.matrix(p21)
gt1<-rbind(p11,p21)
delta31<-((trigamma(y+(1/phi1))-
trigamma(1/phi1))/phi1^4)+((2*digamma(y+(1/phi1))-
2*digamma(1/phi1)-
2*log(1+phi1*mu1))/phi1^3)+((2*mu1)/(phi1^2*(1+phi1*mu1)))
+(((y+(1/phi1))*mu1^2)/(1+phi1*mu1)^2)-(y/phi1^2)
delta31<-as.matrix(delta31)
p31<-t(satu)%*%W1)%*%delta31
p31<-as.matrix(p31)
delta41<-mu1*(mu1-y)/(1+phi1*mu1)^2
delta41<-as.matrix(delta41)
p41<-t(X)%*%W1)%*%delta41
p41<-as.matrix(p41)
h11<-rbind(p31,p41)
delta51<-mu1*(phi1*y+1)/(1+phi1*mu1)^2
delta51<-t(delta51)
delta51<-c(delta51)
delta51<-as.matrix(diag(delta51))

```

```

p51<-t(X)%*%as.matrix(W1)%*%delta51%*%as.matrix(X)
p51<--1*p51
p51<-as.matrix(p51)
h21<-rbind(t(p41),p51)
H1<-cbind(h11,h21)
H11<-ginv(H1)
beta[i,<-(t(b01)-H11%*%gt1)
phi1<-beta[i,1] #RBP
b01<-t(beta[i,]) #RBP
bxx<-beta[i,2:10] #RBP
}
return(list(beta=beta,hessian=H1))
}
gwnbr1 <- function(x,y,W,teta){
# beta <- ginv(t(x) %*% x) %*% t(x) %*% y
teta<-modelnegbin$theta
beta<- as.matrix(modelnegbin$coefficients) #RBP
param <- matrix(c(0),nrow(x),ncol(x)+1, byrow=T)
zhit <- matrix(c(0),nrow(x),ncol(x), byrow=T)
for(i in 1:31){
ww <- as.matrix(diag(W[i,]))
hit <- gemes2(x,y,ww,teta,beta)
parameter<- hit$beta #RBP
param[i,] <- hit$beta[20,]
write.csv(hit$hessian,file=paste("hessian",i,".csv"))
invh <- -ginv(as.matrix(hit$hessian))
for(j in 1:ncol(x)){
zhit[i,j] <- param[i,j+1] / invh[j+1,j+1]
}
}
return(list(koefisien=param,Z_hitung=zhit,parameter=parameter))
#RBP
}

```

**## Memanggil Program GWNBR##**

```

bobot=pembobotB
xx=data[,2:9]
y=data[,1]
x=as.matrix(cbind(1,xx))
phx1<-modelnegbin$theta #RBP
mod=gwnbr1(x,y,bobot,phx1) #RBP
mod$Z_hitung
mod$koefisien
mod$parameter
write.csv(mod$koefisien,file="D:/TA S1-
112/hasil/koefisien.csv")
write.csv(mod$Z_hitung,file="D:/TA S1-
112/hasil/Z_hitung.csv")

```

### **## Menghitung nilai Devians GWNBR##**

```

#NB
datay<-as.matrix(data[,1])
datax <- as.matrix(cbind(1,data[,2:9]))
tetanb<- modelnegbin$theta
betanb<- as.matrix(modelnegbin$coefficients)
muw<-as.matrix(rep(exp(betanb[1]),31))
slr<-matrix(0, nrow(data),1)
for(i in 1:nrow(data)){
  slr[i]<-0
  for(r in 1:datay[i]){ slr[i]<-slr[i]+log(r+(1/tetanb))}
}
Lw<-sum(slr-lgamma(datay+1)+datay*log(tetanb*muw)-
(datay+(1/tetanb))*log(1+tetanb*muw))
muo<-exp(datax%%betanb)
Lo<-sum(slr-lgamma(datay+1)+datay*log(tetanb*muo)-
(datay+(1/tetanb))*log(1+tetanb*muo))
DNB<-2*(Lo-Lw)

#GWNBR
tetagw<-as.matrix(mod$koefisien[,1])

```

```

betagw<-as.matrix(mod$koefisien[,2:10])
muwgw<- as.matrix(exp(mod$koefisien[,2]))
muogw<-as.matrix(exp(apply(datax*betagw,1,sum)))
Lwgw<-sum(slr-lgamma(datay+1)+datay*log(tetagw*muwgw)-
(datay+(1/tetagw))*log(1+tetagw*muwgw))
Logw<-sum(slr-lgamma(datay+1)+datay*log(tetagw*muogw)-
(datay+(1/tetagw))*log(1+tetagw*muogw))
DGW<-2*(Logw-Lwgw)
DGW
#MENGHITUNG AIC
#GWNBR
ssegw<-sum((datay-muogw)^2)
aicgw<- nrow(data)*log(ssegw/ nrow(data))+(2*ncol(datax))
aicgw

```



**Lampiran 11.** Estimasi Parameter Model GWNBR

	$\theta$	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$
1	7.6540	2.4022	0.0092	-0.0731	-0.0038
2	7.6537	2.4024	-0.0051	-0.0366	0.0096
3	7.6536	2.4024	0.0042	-0.0331	0.0082
4	7.6538	2.4019	-0.0229	-0.0009	0.0146
5	7.6539	2.4017	-0.0249	0.0010	0.0156
6	7.6536	2.4024	0.0021	0.0039	0.0004
7	7.6537	2.4022	-0.0086	-0.0221	0.0081
8	7.6536	2.4025	0.0146	-0.0367	-0.0047
9	7.6536	2.4025	0.0084	-0.0385	-0.0059
10	7.6536	2.4025	0.0146	-0.0383	-0.0035
11	7.6536	2.4025	0.0197	-0.0317	-0.0046
12	7.6536	2.4025	0.0181	-0.0309	-0.0001
13	7.6536	2.4025	0.0228	-0.0323	-0.0026
14	7.6536	2.4025	0.0150	-0.0311	0.0018
15	7.6537	2.4025	0.0266	-0.0314	-0.0061
16	7.6537	2.4025	0.0227	-0.0295	-0.0048
17	7.6536	2.4025	0.0235	-0.0320	-0.0058
18	7.6536	2.4025	0.0163	-0.0362	-0.0052
19	7.6537	2.4028	0.0368	0.0151	-0.0081
20	7.6538	2.4029	0.0346	0.0180	-0.0075
21	7.6539	2.4031	0.0417	0.0286	-0.0079
22	7.6536	2.4028	0.0326	-0.0055	-0.0078
23	7.6536	2.4026	0.0293	-0.0245	-0.0070
24	7.6537	2.4025	0.0047	-0.0398	-0.0064
25	7.6536	2.4024	0.0278	-0.0270	-0.0086
26	7.6536	2.4028	0.0142	0.0078	-0.0049
27	7.6535	2.4025	0.0112	-0.0137	-0.0052
28	7.6536	2.4026	0.0112	0.0043	-0.0047
29	7.6538	2.4029	0.0355	0.0040	-0.0096
30	7.6538	2.4029	0.0340	0.0148	-0.0082
31	7.6537	2.4028	0.0330	-0.0013	-0.0093

**Lanjutan Lampiran 11.** Estimasi Parameter Model GWNBR

	$\beta_4$	$\beta_5$	$\beta_6$	$\beta_7$	$\beta_8$
1	6.04E-05	0.0281	1.1766	-0.0065	-0.7150
2	4.21E-05	0.0176	1.1764	0.0053	-0.7146
3	3.64E-05	0.0150	1.1764	-0.0004	-0.7143
4	2.92E-05	0.0217	1.1764	0.0124	-0.7130
5	3.28E-05	0.0218	1.1764	0.0133	-0.7125
6	3.74E-05	0.0088	1.1767	0.0088	-0.7125
7	4.08E-05	0.0166	1.1764	0.0095	-0.7141
8	5.01E-05	0.0143	1.1766	-0.0037	-0.7142
9	5.35E-05	0.0185	1.1765	-0.0001	-0.7143
10	5.06E-05	0.0172	1.1766	-0.0068	-0.7141
11	5.05E-05	0.0136	1.1766	-0.0097	-0.7141
12	4.51E-05	0.0100	1.1765	-0.0070	-0.7143
13	4.99E-05	0.0090	1.1766	-0.0101	-0.7144
14	3.99E-05	0.0119	1.1765	-0.0055	-0.7143
15	4.52E-05	0.0154	1.1766	-0.0164	-0.7141
16	5.00E-05	0.0139	1.1766	-0.0134	-0.7141
17	4.53E-05	0.0140	1.1766	-0.0119	-0.7141
18	4.82E-05	0.0131	1.1766	-0.0038	-0.7143
19	2.08E-05	-0.0056	1.1763	-0.0061	-0.7146
20	3.34E-05	-0.0198	1.1764	0.0072	-0.7145
21	2.16E-05	-0.0244	1.1763	0.0053	-0.7148
22	2.35E-05	0.0074	1.1766	-0.0126	-0.7140
23	3.29E-05	0.0138	1.1766	-0.0151	-0.7140
24	5.58E-05	0.0256	1.1766	-0.0021	-0.7141
25	6.25E-05	-0.0093	1.1762	0.0055	-0.7152
26	4.51E-05	-0.0013	1.1767	0.0083	-0.7131
27	5.07E-05	0.0064	1.1765	0.0064	-0.7142
28	4.53E-05	0.0027	1.1767	0.0079	-0.7133
29	5.94E-05	-0.0234	1.1764	0.0091	-0.7146
30	4.19E-05	-0.0207	1.1765	0.0083	-0.7145
31	5.99E-05	-0.0204	1.1764	0.0092	-0.7143

**Lampiran 12.** Nilai Z Hitung Parameter Model GWNBR

	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$
1	1126984.24	0.13	-0.31	-0.73	1009.26
2	304271.69	-0.09	-0.16	1.32	728.22
3	1548293.01	0.07	-0.3	1.41	784.63
4	104795.17	-0.37	-0.01	1.6	431.56
5	48478.37	-0.37	0	1.3	342.45
6	397847.42	0.06	0.01	0.07	707.79
7	29135.81	-0.2	-0.06	1.13	659.18
8	8171780.15	4.46	-2.09	-1.25	1404.02
9	10307145.32	0.86	-1.53	-1.85	1483.22
10	10712470.78	6.42	-2.96	-0.9	2118.91
11	9452690.45	10.88	-2.45	-1.27	2137.13
12	7737141.75	0.32	-0.55	-0.02	1577.93
13	1992916.09	0.37	-0.59	-0.55	1884.2
14	14943291.24	0.29	-0.54	0.46	1376.83
15	5356224.14	10.29	-1.4	-1.15	1496.99
16	6722238.03	11.74	-1.8	-0.95	1899.34
17	6001847.79	9.86	-1.67	-1.48	1550.32
18	4162580.67	4.04	-1.45	-1.27	1028.04
19	382260.45	0.68	0.12	-1.79	449.37
20	303431.59	1.2	0.18	-2.9	1031.92
21	237845.58	1.02	0.23	-2.17	541.53
22	220975.89	0.46	-0.05	-1.41	485.93
23	8257795.37	5.36	-0.51	-1.5	920.22
24	6415514.35	0.37	-1.89	-1.96	2133.64
25	166877.13	0.69	-0.19	-2.91	1102.57
26	199006.6	0.41	0.04	-1.17	1066.3
27	1216694.42	0.25	-0.05	-1.4	1046.39
28	438130.9	0.32	0.02	-1.28	1153.16
29	93825.56	1.15	0.02	-3.03	1067.23
30	236332.37	1.23	0.14	-3.12	1167.93
31	106929.28	1.07	-0.01	-2.86	1223.04

**Lanjutan Lampiran 12. Nilai Z Hitung Parameter Model  
GWNBR**

	$\beta_5$	$\beta_6$	$\beta_7$	$\beta_8$
1	0.52	713173.08	-0.87	-2728.66
2	0.6	761569.68	1.03	-3213.91
3	0.48	153030.75	-0.06	-71726.02
4	0.7	10084716.64	3.47	-3357.67
5	0.63	3774002.77	3.88	-1236.25
6	0.29	26046.49	3.61	-294.74
7	0.64	114666.89	3.32	-256.98
8	1.24	586150.27	-0.49	-75088.74
9	0.84	691772.23	-0.01	-70277.6
10	1.68	662860.16	-1.19	-89813.72
11	1.56	798950.03	-1.56	-107575.66
12	0.23	885304.2	-0.9	-20837.53
13	0.16	436947.8	-1.24	-5846.99
14	0.33	561689.54	-0.76	-56585.02
15	1.57	852218.12	-1.51	-154287.75
16	1.38	718059.17	-1.68	-102472.85
17	1.53	812292.16	-1.35	-131864.21
18	0.97	519660.18	-0.37	-73863.78
19	-0.04	35321.52	-0.18	-1905.52
20	-0.46	374720.47	1.17	-53340.98
21	-0.31	251150.94	0.35	-19685.18
22	0.05	19745.13	-0.42	-1584.84
23	1.62	3195971.49	-1.03	-665142.27
24	0.94	445460.87	-0.28	-49429.1
25	-0.15	28488.18	0.55	-3310.08
26	-0.04	35002.39	3.37	-1150.47
27	0.14	33481.8	1.82	-770.28
28	0.07	35724.19	3.16	-1026.6
29	-0.63	109952.49	2.8	-44634.89
30	-0.55	308657.18	1.92	-65188.44
31	-0.59	51939.02	3.45	-5257.82

**Lampiran 13.** *Output Flexscan* Hasil Deteksi Kantong DBD  
dengan Jumlah Replikasi 99

-----  
 FleXScan ver3.1.2 -- purely spatial  
 -----

**MOST LIKELY CLUSTER**

1.Census areas included .: Sukomanunggal, Tandes,  
 Sambikerep, Genteng, Tegalsari, Tenggilis, Sawahan,  
 Wonokromo, Karangpilang, DukuhPakis, Wiyung, Gayungan,  
 Wonocolo, Jambangan

Maximum distance.....: 12.3988 km (areas: Sambikerep to  
 Tenggilis)

Number of cases .....: 1137

(Expected number of cases: 673.448)

Overall relative risk .: 1.68833

Statistic value .....: 210.367

Monte Carlo rank .....: 1/100

P-value .....: 0.01  
 -----

**SECONDARY CLUSTERS**

2.Census areas included .: Benowo

Maximum distance.....: 0 km (areas: Benowo to Benowo)

Number of cases .....: 75

(Expected number of cases: 32.05)

Overall relative risk .: 2.34009

Statistic value .....: 21.2412

Monte Carlo rank .....: 1/100

P-value .....: 0.01

3. Census areas included .: Simokerto, Tambaksari, Gubeng, Rungkut, GunungAnyar, Sukolilo, Mulyorejo

Maximum distance.....: 11.7007 km (areas: Simokerto to GunungAnyar)

Number of cases .....: 583

(Expected number of cases: 479.614)

Overall relative risk .: 1.21556

Statistic value .....: 13.5763

Monte Carlo rank .....: 1/100

P-value .....: 0.01

4. Census areas included .: Pakal

Maximum distance.....: 0 km (areas: Pakal to Pakal)

Number of cases .....: 35

(Expected number of cases: 28.0653)

Overall relative risk .: 1.24709

Statistic value .....: 0.804853

Monte Carlo rank .....: 100/100

P-value .....: 1

\*\*\* There are no more secondary clusters \*\*\*

**Lampiran 14.** *Output Flexscan* Hasil Deteksi Kantong DBD  
dengan Jumlah Replikasi 999

-----  
 FleXScan ver3.1.2 -- purely spatial  
 -----

**MOST LIKELY CLUSTER**

1.Census areas included .: Sukomanunggal, Tandes, Sambikerep,  
 Genteng, Tegalsari, Tenggilis, Sawahan, Wonokromo,  
 Karangpilang, DukuhPakis, Wiyung, Gayungan, Wonocolo,  
 Jambangan

Maximum distance.....: 12.3988 km (areas: Sambikerep to  
 Tenggilis)

Number of cases .....: 1137

(Expected number of cases: 673.448)

Overall relative risk .: 1.68833

Statistic value .....: 210.367

Monte Carlo rank .....: 1/1000

P-value .....: 0.001  
 -----

**SECONDARY CLUSTERS**

2.Census areas included .: Benowo

Maximum distance.....: 0 km (areas: Benowo to Benowo)

Number of cases .....: 75

(Expected number of cases: 32.05)

Overall relative risk .: 2.34009

Statistic value .....: 21.2412

Monte Carlo rank .....: 1/1000

P-value .....: 0.001

3.Census areas included .: Simokerto, Tambaksari, Gubeng, Rungkut, GunungAnyar, Sukolilo, Mulyorejo

Maximum distance.....: 11.7007 km (areas: Simokerto to GunungAnyar)

Number of cases .....: 583

(Expected number of cases: 479.614)

Overall relative risk .: 1.21556

Statistic value .....: 13.5763

Monte Carlo rank .....: 1/1000

P-value .....: 0.001

4.Census areas included .: Pakal

Maximum distance.....: 0 km (areas: Pakal to Pakal)

Number of cases .....: 35

(Expected number of cases: 28.0653)

Overall relative risk .: 1.24709

Statistic value .....: 0.804853

Monte Carlo rank .....: 1000/1000

P-value .....: 1

\*\*\* There are no more secondary clusters \*\*\*

-----



**Lampiran 15. Output Flexscan Hasil Deteksi Kantong DBD  
dengan Jumlah Replikasi 9999**

-----  
 FlexScan ver3.1.2 -- purely spatial  
 -----

**MOST LIKELY CLUSTER**

1.Census areas included .: Sukomanunggal, Tandes, Sambikerep, Genteng, Tegalsari, Tenggilis, Sawahan, Wonokromo, Karangpilang, DukuhPakis, Wiyung, Gayungan, Wonocolo, Jambangan

Maximum distance.....: 12.3988 km (areas: Sambikerep to Tenggilis)

Number of cases .....: 1137

(Expected number of cases: 673.448)

Overall relative risk .: 1.68833

Statistic value .....: 210.367

Monte Carlo rank .....: 1/10000

P-value .....: 0.0001

-----  
**SECONDARY CLUSTERS**

2.Census areas included .: Benowo

Maximum distance.....: 0 km (areas: Benowo to Benowo)

Number of cases .....: 75

(Expected number of cases: 32.05)

Overall relative risk .: 2.34009

Statistic value .....: 21.2412

Monte Carlo rank .....: 1/10000

P-value .....: 0.0001

3.Census areas included .: Simokerto, Tambaksari, Gubeng, Rungkut, GunungAnyar, Sukolilo, Mulyorejo

Maximum distance.....: 11.7007 km (areas: Simokerto to GunungAnyar)

Number of cases .....: 583

(Expected number of cases: 479.614)

Overall relative risk .: 1.21556

Statistic value .....: 13.5763

Monte Carlo rank .....: 4/10000

P-value .....: 0.0004

4.Census areas included .: Pakal

Maximum distance.....: 0 km (areas: Pakal to Pakal)

Number of cases .....: 35

(Expected number of cases: 28.0653)

Overall relative risk .: 1.24709

Statistic value .....: 0.804853

Monte Carlo rank .....: 10000/10000

P-value .....: 1

\*\*\* There are no more secondary clusters \*\*\*

-----

## BIODATA PENULIS



Penulis terlahir dengan nama Urifah Hidayanti, biasa dipanggil Urifah atau ur2. Penulis dilahirkan di Surabaya pada tanggal 1 Juli 1992 dan merupakan anak pertama dari pasangan Bapak Rianto dan Ibu Samirah. Pendidikan formal yang ditempuh penulis adalah TK Al-Zaenab, SDN Karah II Surabaya, SMP Negeri 32 Surabaya, dan SMA Negeri 15 Surabaya. Setelah lulus dari SMA, penulis mengikuti tes Diploma di ITS Surabaya dan akhirnya masuk di Jurusan Statistika dengan NRP 1310030028. Penulis pernah aktif berorganisasi di Divisi Statistics

Computer Course (SCC) HIMASTA ITS sebagai staff Pelatihan (2011/2012) dan sebagai Manager HUMAS (2012/2013). Lulus kuliah Diploma III ITS, penulis melanjutkan kuliah S1 Statistika melalui program Lintas Jalur S1 Statistika ITS pada tahun 2013. Segala kritik, saran dan pertanyaan untuk penulis dapat dikirimkan melalui alamat email [urifahhidayanti1@gmail.com](mailto:urifahhidayanti1@gmail.com) atau bisa juga di No. Hp 085731879703. Terimakasih.